Biblioteca Digital
F C E N - U B A

BIBLIOTECA CENTRAL LUIS F LELOIR
BIBLIOTECA CENTRAL LELOIR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES UBA

Tesis Doctoral

Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: dos escalas de análisis de la costa pampeana

Monserrat, Ana Laura

2010

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:
Monserrat, Ana Laura. (2010). Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: dos escalas de análisis de la costa pampeana. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Cita tipo Chicago:
Monserrat, Ana Laura. "Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: dos escalas de análisis de la costa pampeana". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 2010.

EXACTAS UBA
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

UBA
Universidad de Buenos Aires

Dirección: Biblioteca Central Dr. Luis F. Leloir, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Intendente Güiraldes 2160 - C1428EGA - Tel. (++54 +11) 4789-9293

Contacto: digital@bl.fcen.uba.ar

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE DUNAS COSTERAS:

DOS ESCALAS DE ANÁLISIS DE LA COSTA PAMPEANA

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área Ciencias Biológicas

Ana Laura Monserrat

Directores de tesis: ***Dr. Jorge Osvaldo Codignotto***

Mark Brinson PhD.

Consejero de Estudios: Ing. Jorge Adámoli

Lugar de trabajo: Laboratorio de Geología Marina y Dinámica de Costas, Departamento de Geología, FCEyN, UBA.

Buenos Aires, 2010

Evaluación del estado de conservación de dunas costeras: Dos escalas de análisis de la costa pampeana

Resumen: En este trabajo se propone un modelo regional de las comunidades vegetales de la costa de dunas pampeanas, y se aplica para evaluar el estatus de conservación de sus diferentes paisajes. Para ello se desarrolla una regionalización de la costa bonaerense en función del patrón geomorfológico, que luego se confirma mediante el análisis de imágenes satelitales y relevamiento en campo de las comunidades vegetales. Se relevaron 256 parcelas en 6 sitios de la costa. Se determinaron 130 especies vegetales en total. La distribución de la vegetación se analizó con métodos multivariados permitiendo definir un patrón asociado a la geomorfología en escala regional y local. Se definieron 2 regiones dentro de las costas de dunas pampeanas, las cuales se corresponden con las Barreras Medanosas Oriental y Austral. La mayor riqueza y diversidad se encontró en el centro de la región austral. Se elaboró un modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra en función de los aspectos estructurales y florísticos con diez ambientes que se distinguen tanto por las comunidades que contienen como por su geomorfología típica. Los valores de riqueza de bordes y de índice de conectividad indican un estado de conservación variable a lo largo de la costa, pero también que el gradiente de ambientes, propuesto como modelo, se mantendría en buen estado en la costa pampeana, en los seis sitios estudiados.

Palabras Clave: dunas costeras, conservación, comunidades vegetales, regiones costeras, costas pampeanas.

Coastal dune conservation assessment: Two scales of analysis of the Pampas coast

Abstract: In this work a regional model of the vegetal communities from the Pampas dune coast is developed, and it is applied to assess the conservation state of its different landscapes. In order to achieve it, a regionalization of the coast based on the geomorphologic pattern is carried out, by the use of remote sensing tools and field survey on the vegetal communities. 256 plots in 6 different sites of the coast were sampled. 130 vegetal species were determined all through the study area. The vegetation distribution was analyzed by means of multivariate methods, which allowed defining a pattern associated to the geomorphology in the regional as much as in the local scale. 2 regions were defined within the Pampas dune coasts, which correspond with Eastern and Austral Sandy Barriers. The greater wealth and diversity were in the central section of the austral region. A spatial succession model of vegetal communities in the land-to-shore gradient was elaborated; the model were based on the structural and floristic aspects, and it resulted in ten zones distinguished by the communities that contain and the landform where are settled down. The number of edges and the connectivity index indicate a state of variable conservation throughout the coast, but also that the zonal gradient proposed as model would be on in good state in the Pampas coast, in the six studied sites.

Key words: coastal dunes, conservation, plants communities, coastal regions, Pampas coasts.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al apoyo profesional y emocional de un gran número de personas que, en mayor o menor medida, recorrieron conmigo este camino. No me es posible mencionar a todos los amigos, colegas y familiares que lo merecerían, pero a todos ellos debo mi agradecimiento. Intentaré mencionar a aquellos sin cuyo aporte este trabajo no se hubiera realizado:

Agradezco en primer lugar a mis directores, Dr. Jorge O. Codignotto y Mark Brinson PhD por el invaluable apoyo en este trabajo. Al departamento de Ciencias Geológicas de esta Facultad por brindarme un lugar de trabajo. A la Universidad de Buenos Aires, por darme esta oportunidad desde la educación pública. Al departamento de Áreas Protegidas de la Provincia de Buenos Aires. A Prefectura Naval Argentina. Al Instituto de Botánica Darwinion y su increíble grupo de verdaderos expertos. Al jurado de esta tesis, Dra. Marta Collantes, Dr. José Dadon y Dr. Carlos O. Limarino, por sus acertadas correcciones y recomendaciones para la versión final de la misma.

Durante el período de trabajo correspondiente a los estudios de doctorado que comprenden esta tesis, conté con una beca de posgrado otorgada por CONICET. Parte de los fondos utilizados para los viajes de larga distancia provinieron de los subsidios del Proyecto UBACyT 2008-2010, X110 y del PICT02 “Cuaternario Marino. Malacofauna, Evidencias Arqueológicas y Cambio Climático en la Argentina”.

El transporte local y el alojamiento fue facilitado en su totalidad o parcialmente en diferentes oportunidades por: Lic. C. E. Celsi, Dr. F. P. Kacoliris, Prof. P. Otero, Prefectura Naval Argentina, Delegación Municipal de Oriente (Partido de Coronel Dorrego, subdelegación Marisol), familia Cabrera (Marisol), familia Carricart (Marisol), Dra. Teresa Manera, Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires, Sr. Vicente Dimartino, Ing. Adriana Balzarini y familia.

Las imágenes satelitales utilizadas pertenecen a la Fundación de Historia Natural Félix de Azara, a la que fueron cedidas por la CONAE a pedido del Proyecto Costas Bonaerenses. Algunas de las fotos de campo pertenecen al Lic. Diego Urquiza, a la Prof. María Cecilia Giménez y a la Ing. Laura Folguera.

Los GPS utilizados fueron prestados amablemente por la Fundación de Historia Natural Félix de Azara y por el Dr. F. P. Kacoliris. La lupa fue amablemente cedida por el Dr. Francisco Medina, Laboratorio de Paleontología (FCEyN, UBA).

Se contó con permisos de trabajo en campo otorgados por la Dirección de Áreas Protegidas de la Provincia de Buenos Aires. Algunos de los programas utilizados fueron cedidos temporalmente por CONAE, por la cátedra de Ecología de Comunidades (FCEyN, UBA) y por ITT Visual Information Solutions. El resto del equipamiento utilizado en este trabajo pertenece al Laboratorio de Geología Marina y Dinámica de Costas (FCEyN, UBA).

No quiero dejar de mencionar mi agradecimiento personal a Ana Inés Malvárez por su guía y su ejemplo aún en los momentos más difíciles. A Patricia Kandus y José Paruelo por su amable guía en la escala regional de trabajo. A Sonia Fontana, Pancho Medina, Lucas Bali, Pablo Picca, Sergio Zalba, Ricardo Caputo, Marta Carboni, Sandra Aliscioni y Juan Nastri por el asesoramiento y la colaboración desinteresada, y sobretodo la infinita amabilidad. A Roberto Kokot, mi compañero de laboratorio y muchas veces profe. A la Ingeniera Folguera y el Licenciado Urquiza, por ser los tesistas más inspiradores del mundo. I'll thank forever to my dear friends Rob Widdicombe and Nicki Westarp, for the help with the foreign language in so many opportunities, and for the encouragement through all these years.

A Cintia Celsi, Adrián Giacchino y los incontables colaboradores que trabajaron con nosotros desde 2003 hasta 2008, por permitir la existencia del Proyecto Costas Bonaerenses. A los guardaparques Pablo Rojas, Gabriel Castresana, Juan Pablo Carricart, Aníbal Areco, Daniel MacLean y Martín Sotelo, por su guía y su invaluable esfuerzo en la lucha por las mismas causas que motivaron esta tesis. Al Club de Ciencias del Partido de la Costa, en especial a Adriana Balzarini, por hacerme sentir una ecóloga tan valiosa. A mis incansables compañeros de campo, Pablo Otero, Emiliano González, Esteban Fernández, especialmente a Pablo Krieger. A los sandwarriors Beto, Ale, Porra y Erica, y en particular a mi amigo y colega Fede Liolaemus Kacoliris. A la "tía" Teresa Manera. A "Dim" Dimartino. A los chicos de la ONG "Olivillo". A los vecinos de Pehuen-có y su Sociedad de Fomento, en especial a Mary Carbajo. A los vecinos de Marisol, en especial a Guille Cabrera y familia, Alejandra y Pedro Carricart, Sr. Valentino, Carlos y Mirta Duvois, Pili, Caro y Emanuel, el Ing. Rivera, Marisa y la escuelita, y la junta vecinal.

A mis colegas que me acompañan desde el GTCC hasta el ISAC, por devolverme el optimismo hacia el futuro. En especial a Manchu, Fede, Diego, Lauri, Ceci Giménez y Flavius Magnus por enriquecer el trabajo con magia.

Al Grupo de Investigación en Historia y Filosofía de la Ciencia, en especial a Guillermo Boido, Tito Menéndez, Maxi Lantz, Celia Baldatti, Alberto Onna, Guille Folguera, Pau Lipko, Fede di Pasquo, Mauro Nicodemo, Diego Melchiori y Esteban Greif, por enseñarme una manera distinta de ver la ciencia, y ser la utopía de los grupos de investigación. A Mauro, Pau y Albert por la invaluable ayuda en la recta final.

A la Asociación Estímulo de Bellas Artes, por la inspiración, la fe y el afecto, en especial al Maestro Esteban Janiot.

A mi familia y mis amigos, por la infinita paciencia, en especial a mi madre.

A todos, gracias.

Ana Monserrat- 19 de Junio de 2010

Dedicada en general a todos los amantes de la naturaleza que con la humildad de los grandes trabajan para hacer la diferencia,

en particular a

Martín Sotelo y Alberto Onna.

A la memoria de Ana Inés Malvárez.

ÍNDICE

Prólogo vii

Introducción 1

Las dunas costeras 10

[La ecología de paisajes - El estudio de los paisajes de dunas costeras- Estado de conservación de las dunas costeras en el mundo - Estado de conservación de las dunas costeras en Buenos Aires]

El problema que aborda la tesis 10

[Aportes de la presente tesis al conocimiento del arte]

Objetivos y Estructura de la tesis 11

[Objetivo general – Objetivos particulares –Estructura de la tesis]

Módulo 1. Paisajes 13

Capítulo 1: Características generales del área de estudio. 14

1.1 Ubicación y extensión 14

1.2 Clima 14

1.3 Geomorfología 15

1.4 Suelos 15

1.5 Hidrología 16

1.6 Vegetación 16

1.7 Figuras 17

Capítulo 2: Regionalización de las dunas costeras pampeanas 18

2.1 Marco conceptual 18

[Aproximaciones conceptuales y metodológicas a la zonificación en ambientes de dunas - Zonificar la costa bonaerense - Abordaje adoptado en este trabajo]

2.2 Objetivos e Hipótesis 22

2.3 Materiales y Métodos 22

[Preparación del material - Análisis del material- Delimitación- Caracterización- Validación]

2.4 Resultados 27

[Delimitación- Caracterización]

2.5 Discusión 29

[Evolución de los paisajes de la región BMO- Evolución de los paisajes de la región BMA- Conservación del paisaje de dunas costeras pampeanas- Un largo camino comienza con un paso]

2.6 Conclusiones 48

2.7 Figuras 50

Capítulo 3: Clasificación de los ambientes de dunas costeras en función de sus tipos de cobertura **63**

3.1 Marco conceptual 63

[Estudio del patrón geográfico de la vegetación- Clasificación de paisajes y herramientas de teledetección- Áreas protegidas]

3.2 Objetivos e Hipótesis 67

3.3 Materiales y Métodos 68

[Composición del paisaje- Estructura del paisaje- Áreas protegidas]

3.4 Resultados 71

[Composición del paisaje - Estructura del paisaje- Áreas protegidas]

3.5 Discusión 89

[Clasificación de coberturas de las dunas costeras bonaerense- Análisis de estado de conservación de la región de la BMO- Análisis de estado de conservación de la región de la BMA- Dificultades de la clasificación]

3.6 Conclusiones 98

3.7 Figuras 100

Módulo 2. Comunidades **112**

Capítulo 4: Análisis general de las comunidades vegetales de las dunas costeras pampeanas - unión de escalas de análisis **113**

4.1 Introducción 113

[Integración de escalas- Región Pampeana y sus floras edáficas]

4.2 Objetivos e Hipótesis 116

4.3 Materiales y Métodos 117

[Diseño de muestreo- Análisis Multivariado]

4.4 Resultados 121

[Resultados generales- Análisis multivariado]

4.5 Discusión 130

[Dos floras, Dos regiones- Gradientes o Secciones]

4.6 Conclusiones 134

4.7 Figuras 135

Capítulo 5: Análisis comparativo de la estructura vegetal en diferentes sitios de la costa bonaerense **146**

5.1 Introducción 146

[El gradiente mar-tierra- Conservación y conectividad]

5.2 Objetivos e Hipótesis 150

5.3 Materiales y Métodos 150

[Diseño de muestreo- Análisis de diversidad- Análisis multivariado- Riqueza de bordes y conectividad gamma]

5.4 Resultados 154

[Análisis de diversidad- Análisis multivariado- Riqueza de bordes y conectividad gamma]

5.5 Discusión 173

[Relación entre la vegetación y la Geomorfología- Diversidad y Estado de Conservación]

5.6 Conclusiones 178

5.7 Figuras 179

Sumario de conclusiones y consideraciones finales 191

Resúmenes y conclusiones 192

Consideraciones finales 196

Bibliografía 199

ANEXO 211

Fotos y Mapas (en CD adjunto)

Índice de Figuras

Capítulo 1

Figura 1. Área de estudio. Provincia de Buenos Aires.

Capítulo 2

Figura 2.1: Esquema de la ubicación de las imágenes satelitales utilizadas sobre la Provincia de Buenos Aires.

Figura 2.2: Región BMO sección N. Dunas cortadas por camino de cuatriciclos en el balneario de Costa Chica.

Figura 2.3: Región BMO sección S. Dunas degradadas adyacentes al balneario de Villa Gesell, Reserva Municipal Faro Querandí.

Figura 2.4: Región BMA, sección CE. Duna barjanoide y playa distal, adyacente al balneario San Cayetano.

Figura 2.5: Región BMA, sección C. Vista de bajos interdunales y montículos fijos desde una duna activa. Costa del Partido de Coronel Dorrego.

Figura 2.6: Región BMA, sección C. Arroyo los Gauchos.

Figura 2.7: Región BMA, sección CO. Acantilados de Farola de Monte Hermoso.

Figura 2.8: Mapa de la Provincia de Buenos Aires donde se indican los limites de las diferentes regiones analizadas.

Figura 2.9: Procesamiento de la región BMO.

Figura 2.10: Procesamiento de la región MdP.

Figura 2.11: Procesamiento de la región BMA.

Capítulo 3

Figura 3.1 Región BMO. Sección N. Costa Chica. Cortaderal bordeando montículos fijos/semifijos (pastizal denso); fondo un centro urbano.

Figura 3.2: Región BMO. Sección S. Punta Médanos. Pajonal (con Cortaderal) al centro, duna desértica a la derecha y al fondo.

Figura 3.3: Región BMA. Sector C. Coronel Dorrego. Estepa de *Spartina ciliata*. Al fondo se observa el mar.Mapa de las clases identificadas en la sección norte de la BMO.

Figura 3.4: Región BMA. Sector CO. Laguna interdunal (vegetada) rodeada por pajonal de cortaderas. Al fondo se observan parches de matorral.

Figura 3.5: Mapa de las clases identificadas en la sección N de la BMO.

Figura 3.6: Mapa de las clases identificadas en la sección S de la BMO.

Figura 3.7: Mapa de las clases preliminares identificadas en la sección E de la BMA.

Figura 3.8: Mapa de las clases identificadas en la sección CE de la BMA.

Figura 3.9: Mapa de las clases identificadas en la sección C de la BMA.

Figura 3.10: Mapa de las clases identificadas en la sección CO de la BMA.

Figura 3.11: Mapa de las clases definidas para la sección O de la BMA.

Figura 3.12: Ubicación aproximada de la Reserva Municipal “Punta Rasa” en la sección N de la BMO.

Figura 3.13. Ubicación de la Reserva Municipal Faro Querandí y la Reserva Natural Provincial "Mar Chiquita" en la sección S de la BMO.

Figura 3.14. Ubicación de la Reserva Natural Provincial de Uso Múltiple "Arroyo Zabala" en la sección CE de la BMA.

Figura 3.15. Ubicación aproximada de la Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial "Pehuén Co-Monte Hermoso" en las secciones C y CO de la BMA.

Capítulo 4

Figura 4.1: Provincia de Buenos Aires; sitios de muestreo.

Figura 4.2: Distribución de las diferentes especies en Familias.

Figura 4.3: Porcentaje de especies registradas según su categoría de conservación.

Figura 4.4: Porcentaje de especies leñosas y herbáceas registradas.

Figura 4.5: Frecuencia con que las diferentes geoformas fueron interceptadas en las transectas de muestreo.

Figura 4.6: Número de especies según su forma de crecimiento en cada región.

Figura 4.7: Número de especies según su forma de categoría en cada región.

Figura 4.8: Análisis de agrupamiento. Dendrograma.

Figura 4.9: Distribución des parcelas en el análisis DCA.

Figura 4.10: Distribución de las especies en el análisis DCA.

Capítulo 5

Figura 5.1: Esquema ejemplo de tres modelos de patrón espacial en un área costera.

Figura 5.2: Gráfico de los ejes del ordenamiento DCA para los datos de la región BMO.

Figura 5.3: Gráfico de los ejes del ordenamiento DCA para los datos de la región BMA

Figura 5.4: Análisis de agrupamiento del vecino más lejano de los valores de cobertura de la región BMO.

Figura 5.5: Análisis de agrupamiento del vecino más lejano de los valores de cobertura de la región BMA.

Figura 5.6: Clases de ambientes; esquema de las transectas efectuadas en cada sitio.

Figura 5.7: Valores promedio de los índices de conectividad y la riqueza de bordes para cada sitio.

Figura 5.8: Ambiente de alta diversidad con alta representatividad de subarbustos (*Achyroclyne satureioides, Bachcaris genistifolia,* entre otras) y herbáceas no graminiformes (*Ambrosia tenuifolia*, *Solidiago chilensis*, entre otras); "Pastizal con leñosas". Costa Chica.

Figura 5.9: Asociación *Sporobolus rigens- Panicum urvilleanum* en un bajo seco de San Cayetano.

Figura 5.10: Matorral de *Hyalis argentea* y *Discaria americana* con *Solidago chilensis*. Coronel Dorrego.

Figura 5.11: Estepa mixta xerófila con dominancia de *Hyalis argentea* y *Aristida spegazzini*; matorral de *H. argentea* con *Baccharis trivaricata* y ejemplares de *Neosparton ephedroides*. Pehuen-có.

Anexo

Tabla A1: Lista de especies vegetales halladas en los relevamientos de parcelas.

Tabla A2: Especies indicadoras de región.

Tabla A3: Especies indicadoras de sitio.

Tabla A4: Especies indicadoras de geoforma.

Figura A5: Distribución de las parcelas (*samples scores*) en el análisis PCA- sitios.

Figura A6: Distribución de las parcelas (*samples scores*) en el análisis PCA- geoformas.

PRÓLOGO

Al comenzar la investigación que desencadenó este trabajo, mi motivación se centraba en la noción de "cambio". Encontré que el cambio en el paisaje de las zonas costeras es comparativamente abrupto respecto de las zonas marinas o terrestres en general. Me refiero especialmente al cambio en la geomorfología, tanto por causas naturales como por modificaciones inducidas por actividad humana. Al indagar sobre el tema, tres cuestiones me inquietaron. La primera fue la negación absoluta por parte de la sociedad de los procesos que modifican el paisaje naturalmente en las medidas de manejo que se suelen tomar en la zona costera. La segunda fue la evidente preocupación mundial por el cambio climático y en particular en costas por el aumento del nivel del mar y de la frecuencia e intensidad de oleaje. La tercera, mi incapacidad para determinar qué es natural y qué es humano, y por qué en nuestra cultura consideramos que lo humano no es natural. No me parecía, a primera vista, que mis preocupaciones pudieran abordarse en el marco de una tesis doctoral. Sin embargo no estaba dispuesta a abandonar mis inquietudes, fueran o no abordables en el marco académico de las Ciencias Naturales. Afortunadamente, se me recomendó repetidas veces que hablase con el profesor de Geomorfología y Geología Marina, el Dr. Codignotto. Tras mi primera conversación con él, ya tenía en mente un plan de trabajo de tesis doctoral.

A lo largo de seis años el enfoque de la tesis varió por diferentes motivos. Sólo mencionaré dos. Al buscar registros fotográficos de las pasadas décadas en la costa Argentina me encontré con una escasez de información desalentadora. La valorización que se le ha dado a la información histórica en el país en esta temática llevó a catalogar a los registros históricos como "fotos viejas", desechables, durante mucho tiempo. El material fotográfico ha recibido poca atención y se ha deteriorado o perdido, con lo cual una investigación histórica requería de un Sherlock Holmes dispuesto a rastrear pistas de la información histórica. Para los efectos de mis objetivos, decidí abordar la problemática con registros actuales, dejando a un lado el abordaje histórico por el momento. El segundo giro importante se relaciona con mi actividad en la Fundación de Historia Natural Félix de Azara y mi última conversación con la Dra. Ana Inés Malvárez. Inspirada por el trabajo que Inés y su grupo de investigadores llevaron a cabo en la zona del Delta del Paraná, uní mis esfuerzos a los de otra bióloga, Cintia Celsi, con quien ideamos y desarrollamos el Proyecto Costas Bonaerenses en la fundación mencionada a partir de mayo de 2003 y hasta diciembre de 2008. Recorriendo las costas de Buenos Aires para detectar sectores de valor especial de

conservación, en 2005 encontramos en la costa de las dunas australes sectores con un nivel de impacto antrópico mínimo, singular valor cultural y una riqueza paisajística inesperada. La mayor sorpresa fue comprender que en algunos sectores no existía registro alguno de estudios en flora o fauna, especialmente en la costa marina de Coronel Dorrego. La investigación de mi tesis comenzó a concentrarse en los paisajes de dunas desde entonces.

Este trabajo no pretende ser la última palabra en ningún sentido, sino todo lo contrario. Soy consciente de las limitaciones de esta investigación; mi objetivo personal es que ello inspire a continuar los estudios en las dunas bonaerenses con la consiguiente revalorización de sus paisajes costeros. Es necesario seguir explicando por qué tiene sentido que nuestras costas conserven paisajes con su dinámica y diversidad natural. Esta es una tarea contrarreloj, porque la actual falta de interés por la conservación de la biodiversidad frente a la presión por el uso de tierras en la descontrolada expansión urbana que sufre la costa bonaerense no deja margen para el descanso. No basta con mostrar las fotos de huellas de pumas, pastizales repletos de aves autóctonas, mosaicos de ambientes dominados por especies vegetales nativas, decenas de especies haciendo uso de pequeñas lagunas,… el cambio de punto de vista requiere del trabajo en conjunto de biólogos, sociólogos, geólogos, educadores, guardaparques,… de la sociedad en general.

Si les decís: "La prueba de que el principito existió es que era encantador, que reía, y que quería un cordero. Querer un cordero es prueba de que existe", se encogerán de hombros y os tratarán como se trata a un niño. Pero si les decís. "el planeta de donde venía es el asteroide B 612", entonces se quedarán convencidos y os dejarán tranquilos. Son así. Y no hay que reprocharles. Los niños deben ser muy indulgentes con las personas mayores. (Extracto de "El Principito" de Antoine de Saint-Exupéry, 1951)

INTRODUCCIÓN

> "…los enfoques extremos –que con mayor o menor propiedad, se califican de reduccionista (el que se queda en el árbol y, si puede, en la explicación de cada fase de sus procesos) y holista (el que sólo ve el bosque) – son complementarios y necesarios."
>
> Ramón Margalef (1992). *Planeta Azul, Planeta Verde*

Las dunas costeras

La ecología de paisajes

El proceso de regionalización fue tempranamente analizado en 1967 en el trabajo "Regions, models and classes" (Regiones, modelos y clases), clásico de recopilación realizado por Grigg, pero fue en la década de los '80 en que la ecología de paisajes tomó cuerpo como subdisciplina. Forman y Godron realizaron una primera aproximación a la misma en 1981, la que culminan en una síntesis que resume Forman en su artículo de 1995 (puede encontrarse una excelente recopilación de los avances de la materia durante esa década en Turner 1989). Sobre la base de estos trabajos y a los fines del presente trabajo, se define una **región** como un complejo de características fisiográficas, económicas, sociales y culturales (en Forman y Godron 1981). Una región es, entonces, un área geográfica amplia con un macroclima en común y la misma esfera de actividad humana e interés (en Forman 1995). Para Soulé y Terborg (1999), este término se refiere a una escala intermedia entre local y continental, y se define frecuentemente por atributos topográficos o biogeográficos obvios.

Un **paisaje**, por otra parte, es un área de varios kilómetros donde un grupo (*cluster*) de comunidades localizadas (*stands*) o ecosistemas se repite de manera similar. Un paisaje es, entonces, una unidad distinguible, medible, con varias características ecológicas de interés. Una **comunidad localizada** (*stand*) es un grupo de organismos en una localidad específica, suficientemente homogéneo como para ser considerado unidad. Cuando estas comunidades se encuentran rodeadas por una matriz de composición o estructura diferente, las mismas pueden denominarse **parches** (*patch*) (Forman y Godron 1981). El concepto de **ecosistema**, en cambio, entendido como nivel de organización, es independiente de la escala porque a las entidades que los

caracterizan no se les puede asignar una única dimensión, y porque, a su vez, una escala no es un objeto en sí sino la dimensión de un objeto (López de Casenave et al. 2007).

Paisajes y regiones son mosaicos de terreno. Todos los mosaicos son compuestos por elementos espaciales. Los que se encuentran en escala de paisaje se llaman "elementos de paisaje", mientras que los referidos a la escala regional son los "paisajes" en sí mismos. Entender un paisaje requiere información tanto de la escala que lo abarca (región) como aquella contenida en su interior (ecosistemas locales). Por definición, los paisajes suelen tener patrones internos repetitivos, mientras que las regiones no suelen presentar repetición de paisajes (Forman 1995). Por ello, en general, es fácil distinguir los límites entre paisajes, es decir, los límites que difieren en su geomorfología o disturbio, particularmente en cuanto a la estructura de la vegetación. La estructura de un paisaje es en primer lugar un mosaico de parches, que pueden estar conectados por corredores, rodeados por una matriz (Forman y Godron 1981). Cada punto dentro de un paisaje puede caer dentro de un parche, un corredor o la matriz (Forman 1995).

El espacio, entendido desde un punto de vista holista, puede ser analizado de varias maneras. Dos aproximaciones clásicas son las que se distinguen más a menudo: la estructural y la funcional (Solon 2005). La **aproximación estructural** trata sobre el enfoque espacial, incluyendo 1) la aproximación tópica, la cual se concentra en la estructura vertical y las conexiones entre sus componentes, y 2) la aproximación córica, en donde los objetos de análisis son las estructuras del paisaje territorial o geocomplejos[1]. La **aproximación funcional** puede ser divida en 1) una aproximación relacionada a los procesos, que analiza los factores que gobiernan el comportamiento de los geocomplejos, y 2) la aproximación dinámica, que estudia la evolución y dinámica de los geocomplejos (Richling y Solon 1996).

Las aproximaciones estructurales al análisis del espacio, al parecer, deben ser tratadas como básicas y preliminares para las aproximaciones funcionales del análisis del paisaje (Solon 2005). Pero la verdadera importancia de la estructura de un paisaje se debe a que ésta se relaciona con la función (Forman y Godron 1981). **El arreglo de elementos espaciales**, especialmente barreras y conductos, y áreas altamente

[1] Los "geocomplejos" son definidos por Solon (2005) como segmentos relativamente cerrados de naturaleza que constituyen una totalidad en cuanto a un proceso que está tomando parte en su interior, y las interrelaciones entre sus componentes.

heterogéneas, **determina la resistencia al flujo o movimiento de especies, energía, materia y disturbios** sobre un paisaje (Forman 1995). A su vez, la importancia de las investigaciones encaminadas a la comprensión de las implicaciones funcionales de la dinámica del paisaje radica en su aplicación, por parte de los planificadores y gestores del territorio en la toma de decisiones, sobre objetivos como el mantenimiento de la biodiversidad, la gestión sostenible de los recursos naturales y la planificación territorial con base ecológica (Gurruxaga San Vicente y Lozano Valencia 2008). Por ejemplo, los hábitats clave para especies en peligro de extinción pueden ser identificados combinando datos de satélites con datos de campo, es decir, articulando información de la estructura del paisaje y de la abundancia de especies en los mismos sitios (Kerr y Ostrovskyew 2003).

Se define entonces a la ecología del paisaje, una subdisciplina de la ecología, como el estudio de **cómo la estructura del paisaje afecta la abundancia y distribución de organismos**. Ecología del paisaje también fue definida como el estudio de los efectos de los patrones sobre los procesos (Turner 1989), donde "patrón" se refiere específicamente a la estructura del paisaje. La definición completa de ecología del paisaje, es, entonces: el estudio de cómo la estructura del paisaje afecta (el proceso que determina) la abundancia y distribución de organismos (Fahrig 2005). Precisamente, no sólo el flujo produce la estructura, sino que **la estructura determina los flujos y movimientos**. Además, flujos y movimientos también **causan cambios e**n el mosaico del terreno a lo largo del tiempo, para producir diferentes patrones (Forman 1995). Por ello, las variables de respuesta en ecología del paisaje serán la abundancia o distribución, variables de los procesos, y **las variables predictoras serán aquellas que describen la estructura del paisaje** (Fahrig 2005). La ecología del paisaje enfatiza las escalas espaciales amplias y los efectos ecológicos sobre el patrón espacial de los ecosistemas. Específicamente, considera: (a) el desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial, (b) interacciones e intercambios a través de paisajes heterogéneos, (c) las influencias de la heterogeneidad espacial en procesos bióticos y abióticos, y (d) el manejo de la heterogeneidad espacial (Turner 1989).

Un estudio de ecología del paisaje indaga, en general, acerca de cómo la estructura del paisaje afecta (es decir, indirectamente, qué procesos que determinan) la abundancia y/o distribución de organismos. Para responder ello, las variables respuesta (proceso/abundancia/distribución) deben ser comparadas entre diferentes

paisajes que contengan diferentes estructuras (Brenan et al. 2002, en Fahrig 2005). Esto implica un diseño fundamentalmente diferente en un estudio de escala de paisaje que en un estudio de ecología tradicional, pues cada punto de datos en un estudio de escala de paisaje es un solo paisaje. El estudio entero comprenderá así varios paisajes, no superponibles, conteniendo diferentes estructuras. De esa manera un estudio de escala de paisaje tiene los siguientes atributos: 1) datos individuales representan paisajes individuales, es decir, el paisaje es la unidad observacional; 2) el tamaño del paisaje depende de la escala a la cual la variable respuesta responde a la estructura del paisaje, lo cual típicamente corresponde a la escala del proceso de interés (Fahrig 2005).

El estudio de los paisajes de dunas costeras

Las definiciones de costas que se pueden encontrar en la bibliografía académica son muy diversas. Para los objetivos de este estudio se buscó una definición sistémica, que incluya todos los ambientes que se relacionan con el tipo de vegetación asociada a la línea de costa y sus geoformas. La definición de Codignotto (1987) ajusta considerablemente al enfoque del presente trabajo, con lo cual se utilizará la misma. Según este autor, es posible definir a la costa como “una franja de tierra cuyo ancho variable puede tener varios kilómetros de extensión y que abarca desde la línea de costa (intersección entre el plano de bajamar y el terreno) hacia tierra adentro hasta el primer cambio importante en los rasgos morfogenéticos del terreno”. Si bien esta definición es en cierta manera ambigua e imprecisa, resulta útil por ser inclusiva, es decir, por incluir a todos los tipos de costa pertinentes para el presente trabajo.

Por otra parte, las dunas se definen como geoformas eólicas, las cuales se desarrollan en zonas costeras cuando hay abundante suministro de sedimento, con tamaño de grano de arena, disponible para ser transportado por los vientos hacia el continente. Así también, las dunas costeras son parte del sistema arenoso compuesto por la playa, altamente móvil, y la duna, más estable (Carter 1993, Komar 1998, Martínez et al. 2004). En este sistema geológico dinámico, el paisaje de dunas costeras puede también entenderse como un sistema ecológico en constante cambio natural, y evolucionando en una escala de tiempo humana.

Los cambios en cualquiera de las condiciones ambientales clave son la causa de cambios en la vegetación en su respectiva escala, y las consecuencias pueden ser traducidas en cambios en la biodiversidad. Desde que Henry Chandler Cowles estudió

la vegetación de las dunas en Michigan (Cowles 1898) el muestreo en sistemas de dunas en un momento se analiza como una instantánea de un sistema en desarrollo. El modelo propuesto por Cowles asume que las sucesiones de especies en el espacio se corresponden con sucesiones en el tiempo. Por ello, al distinguir parches en la vegetación que se corresponden con comunidades locales o asociaciones, Frederic Clements elaboró sobre este modelo la teoría de la sucesión temporal en comunidades vegetales (Clements 1936); sin embargo, es también usual encontrar que la vegetación se distribuye formando un gradiente, acorde con las apreciaciones de Gleason (1939), pero la aplicabilidad de ambos modelos (comunidades locales versus gradiente de especies) dependen en gran medida de la escala de análisis ya que, en diferentes escalas suelen actuar diferentes procesos.

En la escala local, las correspondencias percibidas entre la fisiografía de las dunas y la estructura de la vegetación han sido frecuentemente descriptas como consecuencia del transporte de arena y la localización geomorfológica (Doing 1985, Moreno-Casasola y Espejel 1986, Kumler 1997, Yura y Ogura 2006). Frecuentemente los estudios ecológicos se enfocan en la relación recíproca, es decir en el desarrollo morfológico de las dunas como consecuencia de la densidad de plantas, distribución, altura y cobertura (Hesp 2002, Hesp 2004). Factores secundarios como la tasa de ocurrencia de inundación, erosión por tormentas de olas, incidencia de sobrelavado (*overwash*) y dirección del viento, pueden ser importantes en la determinación de la subsecuente evolución de las dunas. Este efecto ha sido ampliamente estudiado, principalmente en ambientes de bajos interdunales (Crawford et al. 1997, Grootjans et al. 1998, Moreno-Casasola y Vázquez 1999, Grootjans et al. 2004).

Por otra parte, en la escala regional, las dunas pueden también exhibir cambios graduales en el patrón espacial de la estructura vegetal. Esos cambios están usualmente relacionados a condiciones climáticas, gradientes en la disponibilidad de agua y los niveles de salinidad (Moreno-Casasola 1986, El-Demerdash 1996, Otto et al. 2001). Al respecto de ecología de paisaje, numerosos estudios han sido llevados a cabo en fitosociología de sistemas de dunas en todo el mundo en escala regional, pero los estudios en la vegetación de dunas costeras de la región pampeana aun son escasos.

Ángel Borrello (1968) define en la geología regional bonaerense, dos unidades geológicas sobre las que se emplazan las dunas costeras: la Zona Marginal (en el sector oriental, abarcando desde el extremo norte de la costa bonaerense hasta Mar Chiquita) y la Región Interserrana (desde el sur de Mar del Plata hasta el Río Colorado, internándose en al continente bordeando las serranías). La región

geomorfológica pampeana, para este autor, queda restringida al sector más continental del norte y centro de la Provincia de Buenos Aires. Ángel Cabrera (1963-1970) basa el análisis de la flora bonaerense en la regionalización de Borrello. En ese primer análisis, la zona correspondiente a la Barrera Medanosa Oriental (BMO, *sensu* Isla et al. 2001) quedaría dentro de la Provincia del Espinal, Distrito de los Talares, mientras que la Barrera Medanosa Austral (BMA, *sensu* Isla et a. 2001) quedaría incluida dentro de la Provincia Pampeana, Distrito Austral. Sin embargo en 1971 redefine las unidades fitogeográficas, dividiendo al mundo en 7 "Grandes Regiones Fitogeográficas", la mayor parte del territorio argentino quedando así dentro de la Gran Región Neotropical. Las Grandes Regiones se subdividen para este autor en "Provincias" (que a su vez se subdividen en "Distritos"), de las cuales la Provincia Pampeana contiene ambas barreras medanosas antes mencionadas. Dentro de la Provincia Pampeana, Cabrera reconoce así, a partir de 1971, cuatro Distritos Fitogeográficos, con el **Distrito Pampeano Oriental** incluyendo la zona costera oriental (BMO) y el **Distrito Pampeano Austral** incluyendo la zona costera austral (BMA).

Ángel Cabrera (1971) se basa en los modelos de los clementsianos para explicar la distribución de la flora en el país, mencionando por ejemplo que:

"En suelos poco evolucionados como salinas, dunas, rocas, lagos, etc., se desarrollan comunidades vegetales muy simples, denominadas también 'comunidades edáficas' por depender más del suelo que del clima. A medida que el suelo evoluciona, las comunidades van sustituyéndose, hasta llegar a una asociación estable, sobre suelo maduro, que se denomina 'comunidad clímax'. Cuando estas comunidades clímax son alteradas o destruidas por el hombre, el fuego u otro factor cualquiera, se inicia una nueva serie de 'comunidades postclimácicas' que tienden a regenerar la asociación clímax de una región." (pág. 4).

Sobre la base de la regionalización fitogeográfica, Cabrera (1971) define así las comunidades clímax para los diferentes distritos de la Provincia Pampeana, indicando que las mismas no estarán presentes en los ambientes de dunas dado que las comunidades de las dunas, son comunidades edáficas. Tal vez, en lo que respecta a la ecología de paisaje de las costas bonaerenses, los estudios realizados por Ángel Cabrera (1939, 1941, 1971) sean los más completos hasta la actualidad. Sus resultados sugieren que existe un patrón de distribución de especies vegetales en la costa en sentido latitudinal, pero hace falta dilucidar aun si este patrón se corresponde mejor con un modelo de reemplazo de especies continuo o con un patrón de distribución en secciones segregables (sucesión espacial de paisajes).

Estado de conservación de las dunas costeras en el mundo

Las dunas costeras tienen una distribución cosmopolita, y están compuestas por una variedad de formas en constante cambio ecológico y geológico. Algunos de esos cambios son dirigidos por procesos naturales, mientras que otros provienen de la actividad humana. Las dunas costeras son ecosistemas multifuncionales de alto valor que ocupan un nicho natural único (Martínez et al. 2004a). Al encontrarse ubicados a lo largo de la línea de costa, su forma y condiciones ambientales difieren del resto de los ecosistemas terrestres. La necesidad de comprensión de su estructura y dinámica paisajística se vuelve aún más evidente al considerar que según datos de 2003, 2.385 millones de personas viven en zonas costeras, lo cual representa el 41% de la población mundial; más del 50% de los países con costas tienen entre el 80 y el 100% de la población dentro de los 100 Km. desde la línea de costa (Martínez et al. 2007). Dentro de esos 100 Km. de todas las costas del mundo, el 72% de la línea de costa puede ser considerado natural y el 28% alterado por actividades humanas como sembradíos y desarrollo urbano (Burke et al. 2001, cit. en Martínez et al. 2007).

Los sistemas de dunas costeras constituyen aproximadamente el 20% del área ocupada por los paisajes costeros del mundo (Acosta et al. 2005). Las costas arenosas poseen una flora y fauna extremadamente especializada que incluye pocas especies en común con otros ecosistemas terrestres. En particular en zonas templadas, estas costas se caracterizan por presentar hábitats con diferentes condiciones ambientales asociadas a su geomorfología: playa distal, duna frontal, planicies arenosas, dunas activas, planicies de deflación, bajos interdunales y dunas fijas. Comunidades vegetales distintivas ocupan esos ambientes, en estrecha dependencia con el conjunto de factores ambientales (Wiedemann y Pickart 2004). Más aun, en muchos casos la combinación de factores ambientales controla el establecimiento y desarrollo de los tipos de vegetación. Diversos estudios atribuyen en mayor o menor medida el mayor poder de condicionamiento de vegetación a la disponibilidad de agua y nutrientes, la intensidad de vientos y radiación solar, el tipo y estabilidad del sustrato y la incidencia del spray salino (García Novo et al. 2004, Maun 2004, Kumler 1997, Carter 1993, Moreno-Cassasola 1986). Ello se traduce en un patrón de paisaje en mosaico, pues la geomorfología de las dunas costeras posee zonas definidas por su dinámica natural, donde los factores ambientales toman rangos de valores estrechos, originando la conocida zonificación de especies en parches en el paisaje (Cordazzo and Seeliger 1993, Pfadenhauer 1993, El-Demerdash 1996, Musila et al. 2001, Monserrat et al. 2006, Acosta et al. 2007).

Pero la presión humana sobre las zonas costeras del mundo se ha incrementado a lo largo de los últimos 50 años (especialmente en Europa, en las costas del Mediterráneo; Acosta et al. 2005). El intenso uso no planificado ha llevado a una importante pérdida de superficie, fragmentación y degradación de la calidad de estos ecosistemas en todo el mundo. En las últimas décadas se ha empezado a reconocer su valor ecológico y a implementar medidas para su protección y restauración (García Novo et al.1997, Martínez et al. 2004a, Roig et al 2006). En Italia, la preocupación por el incremento en la amenaza de los altos valores naturales ha llevado a varios autores a estudiar la vegetación costera en términos de flora y fitosociología en relación a factores ambientales (Acosta et al. 2005).

Estado de conservación de las dunas costeras en Buenos Aires

En Latinoamérica la orientación de las costas en el sentido de los meridianos, 30º latitud norte y 55º latitud sur, explica que se encuentren la mayor parte de los ecosistemas costeros. Por ello están muy bien representados desde los típicamente tropicales hasta los de ambiente frío, pasando por los áridos y templados (Barragán Muñóz 2001). En particular en Argentina, los ecosistemas de dunas costeras están representados a lo largo del litoral atlántico de la Provincia de Buenos Aires, en una extensa franja que se extiende desde Punta Rasa al norte (36° 18' S – 56° 46' O) hasta las inmediaciones de Punta Alta al sur (38° 45' S – 62° O). En cuanto a la geomorfología, en este gradiente latitudinal, se reconocen la Barrera Medanosa Oriental (ubicada entre Punta Rasa y Mar Chiquita) y la Barrera Medanosa Austral (entre Miramar y Pehuen-có), sujetas a y originadas bajo diferentes condiciones climáticas (Isla et al. 2001), y caracterizadas florísticamente por comunidades vegetales distintivas (Cabrera 1941).

En Sudamérica la tendencia al desarrollo urbano costero sigue el mismo camino que el del resto del mundo. En la Provincia de Buenos Aires, los campos de dunas constituían el tipo de paisaje costero-marino predominante hasta mediados del siglo XX. Estos ecosistemas son altamente frágiles y han estado históricamente sometidos a diversos tipos de usos y actividades humanas (Dadon y Matteucci 2002). Actualmente se desarrolla un acelerado proceso de modificación debido al avance de actividades y obras derivadas principalmente de la actividad turística: crecimiento urbano, forestaciones, construcción de caminos, extracción de arena, desarrollo no planificado e invasivo de actividades recreativas, entre otras. Martínez et al (2007)

ubica a Argentina dentro del grupo de países "bajo porcentaje de ecosistemas naturales costeros (32–64%) y alto grado de ecosistemas semi-alterados y alterados (42–55%), con crecimiento poblacional moderado (−5-60%)". Sin embargo, aún subsisten fragmentos remanentes de los campos de dunas originales con un bajo grado de alteración humana.

Argentina posee playas y campos de dunas que conservan vegetación y fauna autóctonas, especialmente en la Provincia de Buenos Aires, y aun se requiere de grandes esfuerzos de investigación para determinar la dinámica de sus ecosistemas (Blanco et al. 2001, Faggi y Cagnoni 1991, Holtz 1995, Zalba y Nebbia 1999). Pero a pesar del reconocimiento académico acerca de la importancia de conservar la estructura y funciones de los ecosistemas, la información científica disponible sobre las especies que los componen y el estado de sus servicios ecosistémicos es actualmente insuficiente para la evaluación de medidas de manejo y la planificación del desarrollo, sobre todo en lo que respecta a la costa sur de la Provincia. Las amenazas más significativas que atentan contra la calidad ambiental de los ecosistemas naturales de la costa bonaerense pueden enumerarse de la siguiente manera: 1- expansión urbana, 2- introducción de especies, 3- sobreexplotación de sus recursos y 4- cambio climático, y se encuentran amplios vacíos de información en cuanto a su biodiversidad (Barragán Muñoz, et al. 2003, Monserrat 2009).

La zona costera de la Provincia de Buenos Aires que se encuentra dentro de la región fitogeográfica pampeana (Provincia Pampeana, *sensu* Cabrera 1971) comprende sistemas de dunas amplios históricamente modificados por el hombre, pero la zona sur de estos sistemas de dunas aún contiene extensos campos levemente modificados. Sin embargo existen escasos estudios al respeto del estado de conservación de la flora costera bonarense, sobretodo en el sector sur (Distrito Austral, *sensu* Cabrera 1971). Fontana (2004), y previamente Zalba y Nebbia (1999), estudiaron la vegetación de las dunas australes, entre la ciudad de Monte Hermoso y el balneario Pehuen-có. Más allá de estas investigaciones, ningún otro estudio en ese sector se ocupó de la caracterización ambiental para la conservación de los ecosistemas naturales nativos, con la excepción de los trabajos de Monserrat et al. 2005, Monserrat et al. 2006, Monserrat y Celsi 2006 y Celsi y Monserrat 2008a, que constituyen resultados preliminares de esta tesis. El sector costero del partido de Coronel Dorrego, cuenta con aun menos información disponible al respecto de sus ecosistemas. Los trabajos disponibles en la actualidad sobre la vegetación y el estado de conservación de la flora local de ese sector costero son los resultados prelimares publicados de esta tesis

(Celsi et al. 2007, Celsi y Monserrat 2008b y Monserrat y Celsi 2009) y una tesis de grado dirigida por la autora (Urquiza 2010).

El problema que aborda la tesis

Para comprender la relación entre los procesos ecológicos y los patrones de paisaje, lo cual constituye un objetivo primario en la ecología del paisaje, será necesario considerar los efectos de escala dentro del análisis, ya que estructura y función son en si mismos dependientes de la escala (Turner 1989). El desafío de analizar la heterogeneidad espacial en dos escalas no es fácil de enfrentar ya que la escala de mayor amplitud espacial es de difícil acceso para la experimentación. Históricamente, se suele extrapolar datos de la escala local a la escala regional para salvar estas dificultades (Turner 1989). En este trabajo, se utilizan herramientas de investigación de escala regional y de escala local, para indagar en la estructura de paisajes y de comunidades, articulando la información de las dos escalas para llegar a un análisis integral del estado de conservación del área de estudio.

Suele existir un problema de escala al tratar de combinar los estudios de escala regional realizados mediante sensores remotos y las mediciones ecológicas de escala local, realizadas en campo. Los estudios en campo proveen medidas detalladas de espacios reducidos en diferentes momentos, mientras que el uso más común de datos remotos provee mediciones sincrónicas de amplias superficies pero con reducido potencial para el detalle local. Las soluciones a este problema de compatibilización de escalas entre el tradicional campo de la ecología y el empleo de sensores remotos probablemente sean específicas para cada aplicación. Sin embargo en general los datos ecológicos y remotos pueden unirse a través de una definición de un set anidado de sitios a ser muestreados con el uso de técnicas de campo, que caigan dentro de largas áreas que contengan hábitats identificables mediante sensores remotos (Kerr y Ostrovskyew 2003). En este estudio se busca logar la articulación de datos de escala regional y local mediante el uso de herramientas de análisis remoto y relevamientos de campo empleando un enfoque metodológico de diseño regional-local anidado.

Aportes de la presente tesis al conocimiento del arte

La información generada en esta tesis representa un aporte al conocimiento sobre la ecología de las costas de Buenos Aires, al mismo tiempo que contribuye con información que puede ser utilizada como herramienta para la protección de los ecosistemas costeros.

Desde un punto de vista básico, se presenta información sobre la ecología de paisajes y comunidades de los ambientes costeros de Buenos Aires, incluyendo sectores que no cuentan con relevamientos previos de índole ecológica. Desde un punto de vista aplicado, se presenta un análisis acerca del estatus de conservación de la zona costera pampeana teniendo en cuenta dos escalas espaciales de análisis: regional y local. Se espera que este análisis pueda abrir una línea de trabajo que aporte como herramienta en el manejo costero.

Dada la complejidad de la temática, los estudios de ecología del paisaje abordan varias dimensiones en su análisis, entre las que se encuentran la económica, la ambiental y la social. En este trabajo se abordarán aspectos físicos y biológicos del paisaje, más precisamente la dimensión geomorfológica y la fitosociológica del paisaje de dunas costeras de la provincia de Buenos Aires.

Objetivos y Estructura de la tesis

Objetivo general

El objetivo general de esta tesis es el proporcionar un modelo regional de las comunidades vegetales de la costa de dunas pampeanas, y aplicarlo para evaluar el estatus de conservación de los diferentes paisajes que contiene dicha costa.

Objetivos particulares

1- Desarrollar una regionalización de la costa bonaerense en función del patrón geomorfológico.

2- Determinar la estructura y composición del paisaje de dunas costeras en la escala regional (poner a prueba las hipótesis de regionalización).

3- Elaborar un modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra en función de los aspectos estructurales y florísticos de las comunidades vegetales de las dunas costeras que sea de aplicación regional.

4- Determinar (y comparar) el estatus de conservación de los diferentes paisajes de la costa de dunas pampeana.

Estructura de la tesis

La tesis se divide en dos módulos. El primero consiste en un análisis en escala regional del patrón geomorfológico-ecológico de la costa. A su vez este módulo se divide en tres capítulos, en los cuales se describe brevemente la zona de estudio, se la regionaliza con criterios geomorfológicos mediante el empleo de imágenes remotas y se clasifica su superficie en función de sus tipos de cobertura, respectivamente.

En el segundo módulo se presenta un análisis de las comunidades vegetales, con integración de escala regional y local. Este módulo se subdivide en dos capítulos: en el primero se desarrolla un estudio de la vegetación en las regiones de dunas pampeanas, a partir del relevamiento de seis localidades ubicadas en diferentes puntos de la costa, mediante métodos de ordenamiento y clasificación multivariados; en el segundo, se realiza un análisis fitosociológico de las comunidades vegetales en cada localidad y se propone un modelo de sucesión espacial de comunidades dentro del gradiente mar-tierra. Finalmente se utiliza ese modelo para evaluar el estado de conservación de los seis sitios estudiados.

Módulo 1. Paisajes

Capítulo 1: Características generales del área de estudio.

En este capítulo se describen brevemente las características generales del área de estudio en cuanto a su ubicación y extensión, clima, geomorfología, hidrología, suelos y vegetación.

1.1 Ubicación y extensión

El área de estudio abarca el sector de la costa de Buenos Aires que queda enmarcado dentro de la Región Fitogeográfica Pampeana. La región, definida por varios autores, puede variar en sus límites dependiendo de la fuente bibliográfica que se considere. En este trabajo se sigue a Cabrera (1971) y Morello (1995), para quienes la región comprende todo el centro norte y este de la provincia de Buenos Aires (Figura 1). Los ecosistemas de dunas costeras de la Región Pampeana están representados en Argentina a lo largo del litoral atlántico de la Provincia de Buenos Aires, en una extensa franja que se extiende desde Punta Rasa al norte (36° 18' S – 56° 46' O) hasta las inmediaciones de Punta Alta al sur (38° 45' S – 62° O). El área de estudio comprende esa faja costera (Figura 1).

1.2 Clima

La clasificación climática para la República Argentina propuesta por Burgos y Vidal (1951) indica que la Estepa Pampeana está incluida en el tipo térmico "mesotermal B'2", y en el tipo hídrico subhúmedo húmedo C2, en su posición oriental, y en el subhúmedo seco C1, en la occidental.

1.3 Geomorfología

En lo que respecta a la geomorfología en la costa de Buenos Aires, siguiendo a Codignotto y Kokot (2005) se pueden definir a grandes rasgos, zonas de acantilados activos, acantilados inactivos, plataformas de abrasión, planicie de mareas activas, planicies de marea ascendidas, dunas, cordones litorales e islas de barrera. En función de su geomorfología predominante en escala regional, se pueden definir entonces cuatro tipos de costa: 1- barreras medanosas (en acreción o erosión), 2- planicies de marea (activas o inactivas, generalmente asociadas a cordones litorales), 3- acantilados duros (sólo en la zona de Mar del Plata) y 4- islas de barrera (sólo en la zona de Bahía San Blas).

En cuanto a las barreras medanosas de la costa pampeana, se reconocen la Barrera Medanosa Oriental (ubicada entre Punta Rasa y Mar Chiquita) y la Barrera Medanosa Austral (entre Miramar y Pehuen-có) (Isla et al. 2001). Toda la zona ocupada por las mismas corresponde a una costa de margen pasivo, con una extensa plataforma continental. El paisaje está desarrollado sobre sedimentitas del Pleistoceno-Holoceno (Codignotto et al. 1993). Los campos de dunas activas se extienden hasta aproximadamente los 4 km tierra adentro desde la playa. Se caracterizan por estar asociados a geoformas altamente dinámicas, conformadas por sedimentos arenosos en constante tránsito eólico. Las dunas activas suelen cubrir extensos sectores frontales a lo largo de la costa justo por detrás de la playa distal en algunas localidades. En algunos sectores existe un campo de dunas fijas y semifijas adyacente a campos de dunas activas, intercalándose con el mismo en algunos sectores.

1.4 Suelos

La zona de estudio pertenece al dominio edáfico 27 según el mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires (escala 1:500) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (1939). Dicho dominio contiene tres unidades cartográficas, a saber:

27a) Asociación de Udipsament típico en distintas posiciones de las dunas algo estabilizadas por la vegetación; Cuarzipsament típico, en dunas activas, y Hapludol éntico en sectores plano –cóncavos entre dunas, cubiertos por vegetación. Suelos menores: en áreas deprimidas, donde el agua puede permanecer algún tiempo

estacionada, se encuentran suelos con un B2 muy incipiente (Hapludol típico). Limitaciones son erosión eólica severa; permeabilidad muy rápida.

27b) Asociación de Torripsament típico, ubicado en los sectores más activos de las dunas, con Haplustol arídico, en los sectores estabilizados. Suelos menores: Salortid típico y acuólico, en lagunas y salitrales. Limitaciones: erosión eólica; muy escasa retención de humedad.

27c) Asociación de Haplustol éntico, franco grueso, ubicación en áreas planas con buena cobertura vegetal; Ustipsament típico, en los sectores medanosos. Suelos menores: Haplustol típico, en microcubetas. Limitaciones: erosión eólica; muy escasa retención de humedad.

1.5 Hidrología

Tres ríos atraviesan los campos de dunas, ambos en su zona austral. Estos son el Río Quequén Grande, el Río Quequén Salado y el Río Sauce Grande. También varios arroyos desembocan en el mar en la zona austral.

La costa marina está caracterizada por un régimen de mareas semidiurno con desigualdades diurnas, con un rango de mareas micromareal (menor a 2 m). La dirección predominante de la corriente de deriva litoral es hacia el norte (Codignotto et al. 1993).

Es relevante destacar la importancia hidrogeológica de la zona, ya que las cadenas medanosas en la zona austral contienen agua subterránea de baja salinidad que guardan un delicado equilibrio con un entorno de aguas salobres/salinas (González 2005).

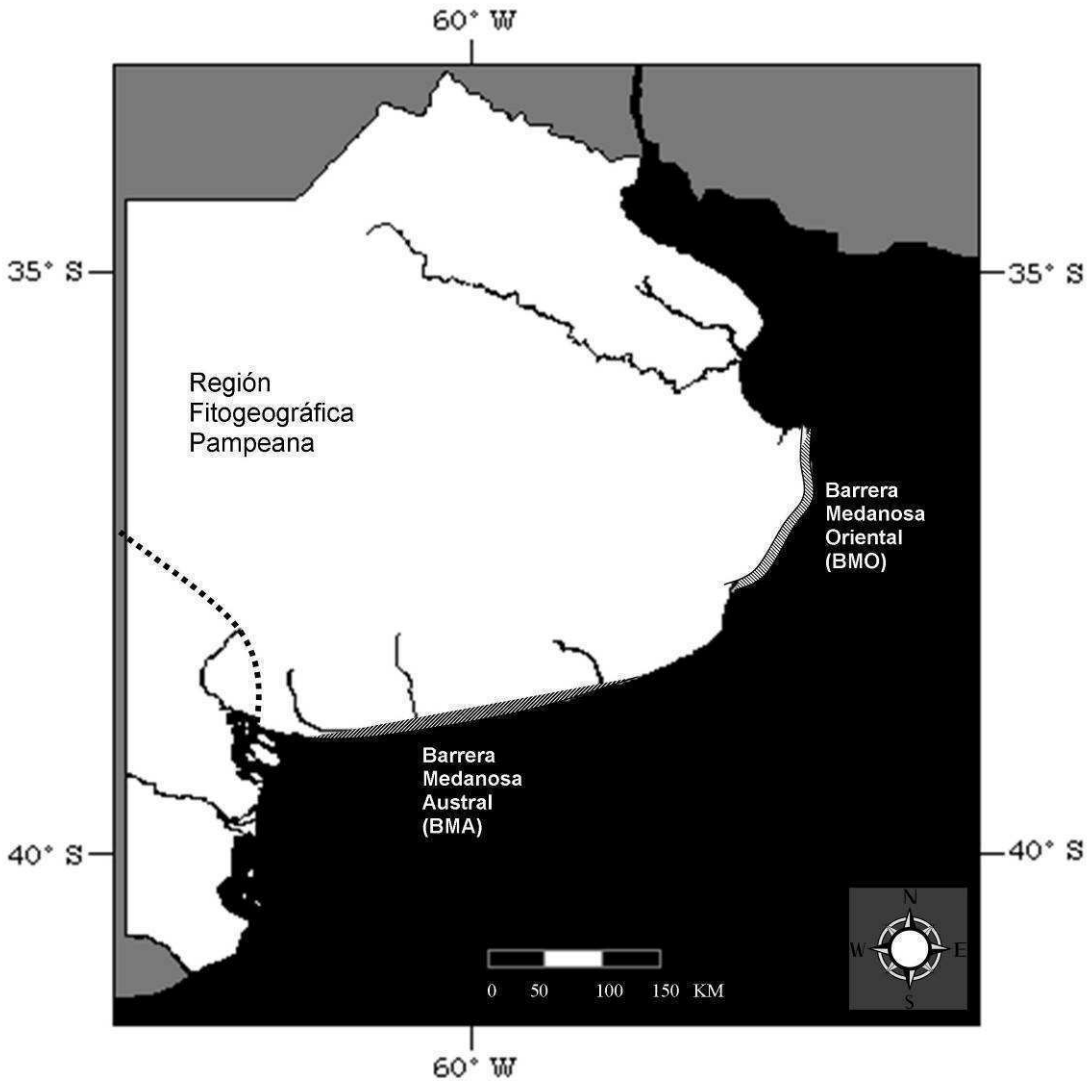
1.6 Vegetación

En el contexto fitogeográfico, el área de estudio se ubica en el borde costero de la Provincia Pampeana, Distritos Pampeano Austral y Pampeano Oriental, lindante hacia el oeste con la Provincia del Espinal (Cabrera 1971). Sin embargo, por su posición sobre el borde costero y las particulares condiciones ambientales que esto involucra

para el desarrollo de las comunidades vegetales, en la zona de estudio no hay comunidades clímax, sino que se observa predominantemente la presencia de comunidades edáficas, por su estrecha dependencia con el tipo de suelo, mayormente comunidades psamófilas (Cabrera 1941, Cabrera 1971).

1.7 Figuras

Figura 1. Área de estudio. Provincia de Buenos Aires. Se señalan las Barreras Medanosas Oriental y Austral.



Capítulo 2: Regionalización de las dunas costeras pampeanas

En este capítulo se zonifica la costa bonaerense en función del patrón geomorfológico, y se compara el estatus de conservación de los diferentes sectores de la costa pampeana. Se definieron 3 regiones dentro de la macroregión pampeana en la costa de Buenos Aires, mediante el análisis del patrón geomorfológico regional. Dos las regiones se corresponden con el área ocupada por las Barreras Medanosas Oriental y Austral (regiones BMO y BMA respectivamente), la tercera a los afloramientos rocosos de Mar del Plata (región Mdp). La costa de dunas pampeanas (regiones BMA y BMO) poseería diferentes secciones internamente homogéneas en cuanto al patrón espacial de sus geoformas y el estado dinámico de su borde costero, es decir, más de un paisaje geomorfológico, específicamente dos en la región BMO (N y S) y cinco en la región BMA (E, CE, C, CO, y O). Los diferentes paisajes identificados no están igualmente representados en superficie dentro de las áreas naturales protegidas. La región BMA se encuentra desprotegida legalmente en su gran mayoría, en especial en las secciones E y O, las cuales no cuentan con áreas protegidas en sus superficie. Las secciones C y CO son dos paisajes que no cuentan con protección efectiva tampoco dado que las reservas presentes solo incluyen el área de playa y mar en su superficie. El 25.09% de la región BMO posee protección legal, mientras que la región BMA sólo cuenta con un 0.89% protegido.

2.1 Marco conceptual

2.1.1 Aproximaciones conceptuales y metodológicas a la zonificación en ambientes de dunas

Una zonificación puede definirse, en líneas generales, como una delimitación del terreno en diferentes zonas con cierta homogeneidad interna, diferentes entre sí en al menos un aspecto relevante para los objetivos del estudio, seguida de una caracterización de las mismas. Cuando las zonas constituyen “paisajes” (Forman 1995; véase Introducción), este proceso se denomina regionalización. El desafío de una regionalización consiste en elegir variables adecuadas para la delimitación de los paisajes, y en elegir una clasificación consistente con los objetivos de la misma.

La regionalización así definida, implica una clasificación divisiva basada en un modelo deductivo que permite delimitar zonas (paisajes) de propiedades similares. Los criterios de delimitación y caracterización de cada paisaje se basarán entonces sobre un modelo conceptual, el cual establecerá las variables de trabajo (variables de delimitación y de caracterización). Las variables de caracterización cumplirán además la función de validar o no a las variables de delimitación empleadas. Cabe señalar que estas últimas pueden utilizarse también a su vez en la caracterización, complementadas con otras (Malvárez 1995).

Numerosos estudios coinciden en afirmar que los paisajes de dunas poseen ecosistemas con límites significativamente visibles a diferentes escalas, con lo cual resulta apropiado efectuar zonificaciones en los mismos (Doing 1985, Van der Maarel 1986, Pfadenhauer 1993). Una de las zonificaciones más citadas es el estudio que realizó Doing en 1985, en el cual identificó un patrón de zonación en la vegetación asociado a la geomorfología de costas en Francia, el cual extrapoló a todo el mundo. Un año después Van der Maarel recopiló estudios en ecosistemas costeros áridos (i.e.: “dry ecosystems” por contraposición con “wetlands”) en 60 puntos diferentes del mundo. Los resultados que este autor encuentra son consistentes para las diferentes localidades, posibilitando una clasificación global de las dunas frontales en función del tipo de clima, tipo de bioma y región florística. De esta manera, ese estudio genera un modelo de perfil ideal con todas las zonas (ecosistemas locales en este caso) posibles en el frente costero árido, publicando los resultados 8 años después (Van der Maarel 1993). En esa clasificación el área de estudio de este trabajo queda comprendida dentro de la zona “pampas”, la cual es analizada con mayor profundidad por Pfadenhauer (1993) en ese mismo volumen (véase Módulo 2 para un análisis del trabajo de este autor).

Los estudios mencionados más arriba coinciden en que la geomorfología y la vegetación en zonas costeras presentan una estrecha relación que permite asociar a la comunidad vegetal presente con una geoforma (o elemento dentro de una geoforma) determinada. Por ello, para poder estudiar la ecología de las costas es necesario poseer un conocimiento acabado de los procesos geomorfológicos que acontecen en cada paisaje presente. A su vez, reflejan que la estructura geomorfológica de un paisaje constituye una excelente variable a utilizar como predictora de procesos ecológicos involucrados en el desarrollo de la vegetación.

2.1.2 Zonificar la costa bonaerense

La costa argentina fue dividida en grandes regiones por Dadon y Matteucci (2006) con criterios históricos, económicos, culturales y geopolíticos. Llamaremos a estas grandes regiones "macrorregiones", para diferenciarlas de las regiones definidas en este estudio. De las macrorregiones costeras identificadas, Dadon y Matteucci (2006) ubican a la Región Costera Pampeana dentro de la Provincia de Buenos Aires en su totalidad, incluyendo toda la superficie de los departamentos y partidos localizados en el frente costero y la totalidad de la zona económica exclusiva (superficie total: 58.609 km^2). Esta macroregión incluye 16 partidos y las ciudades de Mar del Plata, Bahía Blanca, Necochea y Punta Alta, entre otras.

Los ecosistemas de dunas de la Macroregión Costera Pampeana están representados en Argentina a lo largo del litoral atlántico de la Provincia de Buenos Aires, en una extensa franja que se extiende desde Punta Rasa al norte (36° 18' S – 56° 46' O) hasta las inmediaciones de Punta Alta al sur (38° 45' S – 62° O). Buenos Aires posee una extensa planicie costera, que se desarrolló por efecto de una fluctuación holocena del nivel del mar, que afectó los terrenos de por sí bajos que constituyen la Cuenca del Salado. En la región conocida como Pampa Deprimida se emplazó una barrera de médanos que se superpuso sobre lagunas costeras y marismas de agua dulce, la Barrera Medanosa Oriental, ubicada entre Punta Rasa y Mar Chiquita. Por otra parte, más al sur, en la Pampa Ondulada, una barrera de médanos similar se superpuso a viejos acantilados labrados en sedimentos plio-pleistocenos, la Barrera Medanosa Austral, entre Miramar y Pehuen-có. Ambas barreras, oriental y austral, poseen diferencias morfológicas (principalmente la pendiente de la planicie costera) y evolutivas que las distinguen, están sujetas a y originadas bajo diferentes condiciones climáticas (Isla et al. 2001), y caracterizadas florísticamente por comunidades vegetales distintivas (Cabrera 1941), con lo cual pueden pensarse como dos regiones ecológicas diferentes.

Hasta el momento, si bien existen estudios de la costa bonaerense que aborden la escala de ecosistema y otros que aborden la escala regional, no se cuenta con una zonificación adecuada para conectar ambas escalas. Ello se traduce en la necesidad de definir regiones, paisajes y ecosistemas locales (parches) en la Macrorregión Costera Pampeana, definidos por estructuralmente (geomorfología y cobertura vegetal) y que por ende respondan a las funciones del paisaje, es decir a los procesos ecológicos y la dinámica evolutiva de la costa.

2.1.3 Abordaje adoptado en este trabajo

Los paisajes se forman mediante dos mecanismos que operan juntos dentro de sus límites: procesos geomorfológicos específicos y disturbios específicos de las comunidades componentes (Forman y Godron 1981). Los cambios a largo plazo en paisajes naturales, es decir, en aquellos definidos como paisajes sin intervención humana sustancial, incluyen cambios en los rangos de las especies y ecotonos entre las comunidades, cambios en el mosaico de parches de vegetación y la composición de la comunidad, y la dinámica de interacción de los procesos geomorfológicos con los procesos vegetales. La modificación humana de los paisajes ha involucrado cambios en al composición de la comunidad, extensión o truncado de los rangos de plantas y de animales, cambios en la proporción de bosques, y cambios en los regimenes de disturbio que han favorecido la perpetuación de especies leñosas invasivas (Delcourt y Delcourt 1988).

En este capítulo se aborda la problemática de regionalización de la costa de dunas pampeanas desde una aproximación mixta, primordialmente estructural, analizando la estructura geomorfológica del paisaje, pero con un análisis funcional, discutiendo la evolución geomorfológica del mismo. Una caracterización de la zona costera en función de su geomorfología (es decir, desarrollada con variables de delimitación y caracterización geomorfológicas) mixtas (es decir, contemplando características estructurales y funcionales del espacio) no solo es interesante desde el punto de vista del estudio de la ecología de costas, sino que también es necesaria por su aplicabilidad como base para estudios más detallados, sobretodo aquellos que pretendan resolver cuestiones de manejo de los recursos naturales de la zona costera referidos a la conservación de sus ecosistemas.

En el capítulo 4 se indagará acerca de la validez del supuesto de que la costa bonaerense posee características que permiten definir más de una región fito-geomorfológica. En este capítulo se parte de ese supuesto y se busca resolver el problema de caracterizar la costa en función de un patrón geomorfológico regional, delimitando sus regiones y las secciones dentro de las mismas. Cada sección relativamente homogéneas se definirá como “paisaje” por compartir un patrón estructural geomorfológico (ie: orientación y forma de la línea de costa; forma, textura y arreglo espacial de los parches de vegetación; cantidad, disposición espacial y tipos de geoformas según su agente modelador y según su dinámica; signos del estado dinámico del borde costero – en retroceso, en acreción o estacionario) y se caracterizará en función del mismo.

2.2 Objetivos e hipótesis

En este capítulo se aborda el objetivo particular 1 de la tesis: Desarrollar una regionalización de la costa bonaerense en función del patrón geomorfológico, y parte del objetivo 4: determinar el estatus de conservación de los diferentes paisajes de la costa de dunas pampeana.

Específicamente, se busca:

1) Caracterizar la costa en función de un patrón geomorfológico regional, delimitando las grandes regiones y sus secciones relativamente homogéneas (paisajes o "secciones");

2) obtener la superficie de cada sección que conserva características de dinámica natural;

3) discutir el estado de conservación y la posible evolución del paisaje relativa a cada zona.

Para ello, en este capítulo se indaga en la siguiente hipótesis:

La costa de dunas pampeanas es homogénea en cuanto al patrón espacial de sus geoformas y el estado dinámico de su borde costero, es decir, posee **un único paisaje geomorfológico**.

2.3 Materiales y Métodos

Como primera aproximación, se identificaron las regiones según sus rasgos geomorfológicos y se procedió a delimitar el área de estudio en función de las mismas. Para ello se realizaron observaciones de material cartográfico y de imágenes remotas (imágenes satelitales y fotografías aéreas estereoscópicas) para un análisis general de toda la costa bonaerense y se recopiló la bibliografía existente al respecto para la zona de estudio.

El área de estudio elegida abarcó la zona costera comprendida entre las localidades de Punta Rasa (35º 17' S; 56º 46' W, límite sur de la Bahía Samborombón, partido de la Costa) y Punta Alta (38º 55' S; 62º 03' W, límite este del estuario de Bahía Blanca, Partido de Coronel de Marina L. Rosales), conteniendo así la total extensión de las Barreras Medanosas Austral y Oriental. Las variables de delimitación y caracterización de paisajes se eligieron mediante el análisis de las imágenes satelitales Landsat 7 ETM 223/85, 224/85, 223/86, 223/87, 224/87, 225/87 y 226/87, todas correspondientes a enero-marzo de 2003 (figura 2.1), y reconocimiento en campo. Finalmente se elaboró un escenario de evolución geomorfológica en cada paisaje definido, partiendo de la caracterización realizada y la información bibliográfica. A continuación se detalla la metodología empleada en cada paso del análisis.

2.3.1 Preparación del material

Las imágenes fueron provistas por la CONAE a través del Proyecto Costas Bonaerenses de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Se seleccionaron las correspondientes a enero-marzo de 2003 por poseer menor densidad de nubes y ser las más recientes en el momento de la realización del pedido. Las imágenes cedidas no contenían la banda pancromática por lo cual la resolución espacial en toda la regionalización es de 30m. El nivel de procesamiento fue de 5X, es decir, con correcciones sistemáticas y georreferenciada utilizando las efemérides del satélite (remuestreo realizado por primeros vecinos o convolución cúbica y bandas 1 a 7 incluyendo la banda 6 con dos ganancias).

Una vez obtenidas las imágenes, se examinaron los valores de intensidad de píxel y éstos fueron transformados a irradiancia mediante calibración estándar utilizando el programa ENVI 3.6 (Research Systems 2002). Con este mismo programa se continuó el procesamiento de las imágenes. Se recortaron los sectores de las imágenes que contenían a la región costera y se verificó que toda la región a analizar estuviera incluida en las imágenes. Cuando las nubes cubrieron algún sector de interés (este fue el caso de la 223/85 del 18 de marzo de 2003) ese sector fue emparchado con otra imagen con la que se solapara, correspondiente a la fecha más cercana disponible (en este caso, 224/85 del 21 de febrero de 2003), conformando un mosaico.

Se verificaron errores en la georreferenciación, por lo cual durante el procesamiento de las imágenes estos errores tuvieron que ser corregidos georreferenciando nuevamente los sectores de interés, cuidando que la zona de interés (la costa) quedara con la mejor georreferenciación posible. Primero se cambió el sistema de

proyección para utilizar el Posgar Argentina, debido a que este concuerda con los valores tomados a campo con el GPS. Luego se procedió mediante dos métodos: para la imagen 226/87 se editó el archivo *header* moviendo la proyección los metros que fueron necesarios hasta obtener un error menor a un píxel (la confirmación fue realizada mediante datos de GPS tomados a campo en la zona de interés). Las imágenes adyacentes (225, 224 y 223/87) fueron corregidas con la 226/87 como base y validadas con datos de campo. Las imágenes restantes fueron calibradas utilizando Google Earth como fuente de datos, debido a que la definición del programa en esa región es suficientemente alta y la mayoría de los puntos tomados en campo no pudieron ser identificados en las imágenes con suficiente precisión. El resultado final presentó en algunos sectores un error máximo cercano a 200m en campo (diferencia entre coordenadas en mapas oficiales y georreferenciación obtenida).

2.3.2 Análisis del material

Con los sectores de interés obtenidos por recorte de las imágenes y armado de los mosaicos cuando estos sectores correspondieron a más de una imagen, una vez que estuvieron calibrados y georreferenciados con el menor error operable, se procedió a examinar la información brindada por cada banda. Se probaron diferentes combinaciones de bandas y se modificó el histograma de radiancias probando ajustes manuales (utilizando la herramienta *interactive stretching*) y realces predeterminados por el programa (utilizando *enhance*) para estudiar los rasgos geomorfológicos y de vegetación. En esta instancia se determinaron las variables de delimitación y de caracterización de cada región y de cada sección relativamente homogénea (paisaje) dentro de las regiones a analizar.

2.3.3 Delimitación

Se procedió a delimitar el área costera siguiendo la definición de Codignotto (1987; véase Introducción). Para ello se identificó el patrón espacial de paisaje correspondiente a geoformas modeladas por viento o mar (ie: planicies de marea, cordones litorales, acantilados, campos de dunas, playas, y cuerpos de agua asociados). Luego se delimitó el área conteniendo este tipo de geomorfología y se la definió como “costa”. En el caso en que el paisaje se vio interrumpido por modificaciones urbanas se continuó la línea de límite por deducción del patrón original de paisaje.

Primero se delimitaron las regiones dentro del área denominada “costa”. Las mismas se identificaron mediante el uso de variables de delimitación geomorfológcas en escala regional, es decir, se delimitaron las mega-geoformas (barreras medanosas y afloramientos). El segundo nivel de corte subdividió las regiones en secciones homogéneas a las que denominamos “paisaje”. Las variables de delimitación correspondieron a cambios en el patrón espacial geomorfológico, es decir, a cambios visibles en:1- orientación y forma de la línea de costa; 2- cantidad, disposición espacial y tipos de geoformas según su agente modelador y según su dinámica; 3-forma, textura y arreglo espacial de los parches de vegetación; 4- signos del estado dinámico del borde costero (en retroceso, en acreción o estacionario).

2.3.4 Caracterización

Con el objetivo de validar la delimitación de las secciones, cada sección (paisaje) se caracterizó según su geomorfología. Las variables de caracterización fueron en principio: tipo de geoformas presentes, ancho de playa, forma de la línea de costa, arreglo espacial de los parches de vegetación (tipo de distribución, tamaño, continuidad, textura, forma), densidad y forma de los cuerpos de agua. Luego se sumaron a la caracterización las variables de origen antrópico: forestaciones, caminos, centros urbanos. Las descripciones geomorfológicas se profundizan para las regiones que fueron relevadas en campo y cuyo análisis se continúa en los capítulos subsiguientes de este trabajo.

Se calculó el área total de terreno de cada región y sus respectivas secciones. Para ello se extrajo el área ocupada por mar: se tomó una muestra de pixeles del mar, se generó una clase espectral con esa muestra utilizando el método del paralelepípedo (este método selecciona los pixeles similares en valor de radiancia a los de la muestra y los incluye dentro de esa clase, dejando sin clasificar el resto de la imagen), esta clase se vectorizó y se importó como área de interés (*region of interest* o ROI), se calculó su área y obtuvo por resta el área total de la costa sobre el continente.

Dentro de cada sección se delimitaron los elementos que se reconocieron como sectores urbanos, sectores rurales, forestaciones y mar y se guardaron como ROIs para el cálculo del área de cada uno. No se consideraron para ello los bosques de dimensiones menores a 30 pixeles de diámetro (900 m) por confundirse con el relieve de las geoformas naturales en la escala de trabajo. Los ROIs correspondientes a forestaciones, centros urbanos y el ROI de mar correspondiente, obtenido anteriormente, se consolidaron para formar una máscara que se superpuso a cada

imagen. Así, se obtuvo una nueva imagen para cada sección, donde únicamente se presentaron los píxeles de terreno sin actividad antrópica significativamente visible, obteniéndose un abanico más acotado de irradiancia. Esta nueva imagen fue denominada área de costa "natural". Los campos sembrados o alambrados, por no presentar límites definidos, no se excluyeron de esta categoría, por lo cual se incluyen dentro de las imágenes finales analizadas. El área comprendida por costa "natural" fue calculada para cada sección por diferencia (se restó al área de terreno costero el área de forestaciones y centros urbanos). Finalmente, para las regiones que contuvieron barreras medanosas en cada sección se calculó el área ocupada por terrenos correspondientes a Reservas Naturales Provinciales o Municipales.

2.3.5 Confirmación

Para otorgar validez externa a la caracterización de los paisajes costeros, se efectuó reconocimiento a campo de las variables de caracterización. Los relevamientos se realizaron a lo largo de cuatro años (2005-2009), recorriendo y fotografiando elementos de paisaje en las siguientes localidades y alrededores: Punta Alta, Farola de Monte Hermoso, Pehuen-có, Monte Hermoso, Sauce Grande, todo el frente costero del Partido de Coronel Dorrego, Marisol, Reta, Claromecó, San Cayetano, Necochea, Mar del Plata, Santa Clara del Mar, toda la zona de dunas de la reserva de Mar Chiquita, parte de la reserva Faro Querandí, Villa Gesell, Punta Médanos, San Bernardo, Mar del Tuyú, Costa Chica y Punta Rasa.

Las localidades que presentaron mayor extensión y menor modificación antrópica fueron relevadas con mayor detalle (sector entre Pehuen-có y Monte Hermoso, costa de Coronel Dorrego, Costa de San Cayetano, campo de dunas de Mar Chiquita, Punta Médanos y Costa Chica), realizando allí el análisis fitosociológico que se presenta en el Módulo 2 de este trabajo[1].

Para complementar la información relevada en campo, se recopilaron las publicaciones concernientes a geomorfología, vegetación y fauna disponibles sobre el

[1] Cabe mencionar que además en algunas localidades se realizó una evaluación del impacto de las forestaciones en el sistema de dunas, constituyendo la tesis de grado del Lic. Diego Urquiza, dirigida por la autora (Urquiza 2010) y un muestreo sistemático de fauna en conjunto con otro grupo de investigación (coordinado por el Lic. Federico Kacoliris, constituyendo parte de su tesis doctoral; Kacoliris 2010); además, en Coronel Dorrego se efectuó un relevamiento de fauna sistemático más completo, dado que ese sector no contenía ningún antecedente científico registrado de relevamientos faunísticos hasta ese momento (ese trabajo constituyó la tesis de grado de la Ing. Laura Folguera, dirigida por la autora; Folguera 2008). La mayor parte de esos datos y otros datos *ad libitum* fueron tomados en el marco del Proyecto Costas Bonaerenses de la Fundación de Historia Natural Félix de Azara.

área de estudio y se solicitó información en los municipios, en el Ministerio de Asuntos Agrarios y el OPDS (Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible).

2.4 Resultados

2.4.1 Delimitación

A lo largo de toda la costa de la Provincia de Buenos Aires se identificaron 8 regiones correspondientes a grandes unidades geomorfológicas. La primera (región RLP) correspondiente al tramo norte de la costa desde el límite con el Delta del Paraná y hasta Punta Piedras. La segunda (región SB) comprende la Bahía Samborombón (desde Punta Piedras hasta Punta Rasa). La tercera (región BMO) comprende la Barrera Medanosa Oriental (desde Punta Rasa hasta la desembocadura de la Laguna Mar Chiquita), la zona de albufera de Mar Chiquita sería la cuarta (región AMCh), seguida por los afloramientos de Mar del Plata (región MdP). La sexta (región BMA) comprende a la Barrera Medanosa Austral, desde Centinela del Mar hasta Punta Alta. El estuario de Bahía Blanca correspondería a la séptima (región BBca), y la octava y última región sería todo el sector de Patagones de geomorfología compleja que enmarca a la Bahía San Blas (región Pat).

Las tres regiones comprendidas entre Punta Rasa y Punta Alta (BMO, MdP y BMA) se delimitaron utilizando variables geomorfológicas. La región MdP presentó una superficie demasiado reducida para su caracterización por lo cual no se procedió a la delimitación en secciones homogéneas (paisajes). Las regiones BMO y BMA en cambio pudieron subdividirse en paisajes: La región BMO fue subdividida en dos secciones, norte (N) y sur (S), delimitadas principalmente por la orientación de la línea de costa, pero también en función de otras variables como presencia de campos de dunas activas de desarrollo pleno (sección S). La región BMA fue dividida en cinco secciones homogéneas (paisajes). Dado que dichos paisajes se suceden en un orden longitudinal, se los denominó este (E), centro-este (CE), centro (C), centro-oeste (CO) y oeste (O) respectivamente; las variables utilizadas para su delimitación fueron principalmente el grado de desarrollo de los campos de dunas activas (de mayor extensión en las secciones CE y C), la forma de la línea de costa (como indicador del estado dinámico, validado luego en campo y con bibliografía, resultando la sección C con mayor estabilidad que el resto) y la presencia de campos de dunas no operativos

más allá del complejo de dunas de la barrera medanosa activa (presentes en las secciones C, CE y CO). Un esquema de las secciones se presenta en la figura 2.8. Los detalles de la delimitación se presentan en la tabla 2.1. Los mapas de casa sección presentan en el CD adjunto a este volumen, y en la sección 2.7 se muestran los mapas para su visualización rápida.

Tabla 2.1: Variables de delimitación para cada región considerada y sus respectivas secciones. Se ofrecen detalles de la ubicación de cada sección.

Sección	**Imagen**	**Localidades de referencia**	**Límite norte/este**	**Límite sur/oeste**	**Criterio de delimitación sobre la rivera**	**Criterio de delimitación sobre el continente**
BMO norte	224/85, y 223/85 y 223/86	Punta Rasa hasta Norte de Punta Médanos	36º17'44,1"S 56º46'38,5"O	36º47'38,89"S 56º40'32,74"O	Costa con orientación general N - S con cordones de barjanes y dunas barjanoides.	Límite de los campos de arena que se encuentran sobre cordones litorales holocenos con orientación NO.
BMO sur	223/86	Punta Médanos hasta Gesell	36º47'38,89"S 56º40'32,74"O	37º43'46,16"S 57º24'20,42"O	Costa con orientación general NE - SO con cordones de barjanes y dunas barjanoides.	Límite de los campos de dunas que se encuentran cordones litorales holocenos con orientación SO.
MdP	223/86, 223/87 y 224/87	Mar Chiquita hasta Centinela	37º47'8,83"S 57º27'22,92"O	38º26'43,59"S 58º13'54,22"O	Sector de acantilados activos. Línea de costa cóncava.	Fin del campo agrícola-ganadero contra la ribera en sectores rurales, al norte. Camino más costero en sectores muy urbanizados. Limite aparente del antiguo campo de dunas, en el sur.

BMA este	**224/87**	**Centinela hasta Punta Ángeles (SO de Necochea)**	**38º26'43,59''S 58º13'54,22''O**	**38º40'55,2''S 58º1'52,46''O**	**Sector de acantilados activos. Línea de costa convexa.**	**Límite de manto de arena.**
BMA centro-este	225/87	Punta Ángeles (SO de Necochea) hasta el O de Claromecó	38º40'55,2"S 58º1'52,46"O	38º53'13,76"S 60º15'24,73"O	Costa sin curvatura general pero con puntas.	Límite de los campos de dunas edafizados.
BMA centro	225 y 226/87	O de Claromecó/ E de Reta hasta Monte Hermoso	38º53'13,76"S 60º15'24,73"O	38º59'20,76"S 61º21'8,96"O	Costa de curvas muy leves y sin puntas. Orientación E-O.	Límite de los campos de dunas parabólicas con dunas de diversa morfología cubriéndolas parcialmente.
BMA centro-oeste	226/87	Monte Hermoso hasta Bahía Rada	38º59'20,76"S 61º21'8,96"O	38º58'4,87"S 61º41'38,11"O	Costa convexa, con plataforma de erosión.	Límite de los campos de dunas parabólicas bien definidas.
BMA oeste	226/87	Bahía Rada hasta Punta Alta	38º58'4,87"S 61º41'38,11"O	38º55'49,23"S 62º2'39,76"O	Costa cóncavo-convexa; de E a O con cordones litorales (bahía) y plataforma (punta).	Límite de los campos de dunas fijas complejos.

2.4.2 Caracterización

Las regiones BMO y BMA presentaron 36.282,33 y 132.471,32 ha de extensión "natural" respectivamente. Dichas áreas a su vez están representadas en diferente medida en el sistema de áreas protegidas (25,09% en la región BMO vs 0.89% en la región BMA).

Se diferenciaron no sólo por su orientación sino también por la calidad de los campos de dunas presentes. La BMA posee campos de dunas más antiguos, no operativos, que se ensanchan en su porción más occidental (Codignotto et al. en prensa). Además, el nivel de urbanización y forestación presente en la región BMO es muy superior al encontrado en la región BMA, llegando a un 23.72% de área urbanizada en la región BMO versus 5% e la región BMA (tabla 2.3). La casi totalidad de la BMO

presenta modificaciones antrópicas, incluso la zona considerada “natural” en este estudio presenta una textura poco acorde con la geomorfología original, presentando patrones alineados en el paisaje que indican una alta densidad de caminos y un tránsito vehicular, con la significativa excepción de la zona correspondiente a las reservas naturales de Mar Chiquita y Faro Querandí, en el sector sur, donde se observan geoformas activas bien desarrolladas. La BMA en cambio presenta ese tipo de morfología en casi toda su extensión. El ancho de la región varía notablemente, contando con apenas un kilómetro de ancho en la sección E y superando los 8km de ancho en las secciones C, CO y O. Asimismo varía la longitud de los paisajes en esta región, desde aproximadamente 30km (sección CO) a 80km (sección CE). El desarrollo de los campos de dunas fijas alcanza su máxima heterogeneidad en la costa del Partido de Coronel Dorrego, donde se visualizan claramente tres franjas de dunas interrumpidas por cordones litorales, arroyos y lagunas; allí el nivel de antropización llega al mínimo de toda el área de estudio. Estaos campos no operativos de dunas se continúan hacia el oeste, desapareciendo en la zona de Monte Hermoso y reapareciendo en Pehuen-có hasta el límite occidental de la región BMA.

La región MdP contiene las ciudades de Mar Chiquita, Santa Clara del Mar y Mar del Plata, ocupando casi la totalidad de su superficie. La modificación del terreno generada por el desarrollo urbano imposibilita el reconocimiento de la dinámica original del paisaje (figura 2.10). Así, la superficie considerada para el estudio en esa región, que corresponde a los afloramiento cuarcíticos de Mar del Plata, fue de tan solo 1.082,16 ha “naturales”.

En la tabla 2.2 se presentan los valores de superficie de cada sección. Se informa el área urbana y rural, y el área forestal, las cuales fueron enmascaradas en los mapas, y la resultante por diferencia de área, es decir la superficie “natural” de cada sector. En la tabla 2.3 se compara el porcentaje relativo de superficie natural de cada sección, así como también el área relativa modificada (con algún grado de urbanización o actividad forestal) y la superficie de área natural que actualmente cuenta con algún tipo de protección legal.

Tabla 2.2: Valores de superficie en hectáreas correspondientes para cada región y sus secciones. Se detallan los pueblos presentes, el área urbana y rural (sumadas), la superficie total considerada (costa) y la superficie utilizada para la clasificación (natural).

Sección	**Pueblos (ha)**	**Área urbana y/o rural (ha)**	**Superficie forestada (ha)**	**Superficie considerada "costa" (ha)**	**Área "natural" (ha)**
BMO norte	San Clemente, Mar de Ajó, San Bernardo, Las Toninas, Mar del Tuyu, Santa Teresita (5738,4)	5738,4	504,90	16.410,51	8.966,43
BMO sur	Pinamar, Ostende, Villa Gesell y Mar Azul (4,617.09); zona rural (2203,92)	6.821,01	2.378,52	36.531,63	27.315,90
MdP	Mar chiquita (506,7), Santa Clara y Mar del Plata (1298,52), Chapadmalal (594,81), Miramar (91,8), Mar del Sur (124,11); zona rural (2,462.85)	5.078,79	740,70	6.901,65	1.082,16
BMA este	Necochea (471,6), Quequén (263,340), Arenas Verdes (229,32)	964,26	2.394,27	10.361,51	7.884,07
BMA centro-este	Claromecó (1.764,45), Orense (77,67), San Cayetano (132,21)	1.974,33	1.501,83	35.317,89	31.842,25
BMA centro	Marisol (266,58), Reta (386,01), Sauce Grande (263,88), Monte Hermoso con bosque (1.078,56).	1.995,03	167,31	56.628,90	54.466,56
BMA centro-oeste	Pehuen-có (402,21)	402,21	467,37	19.000,35	17.760,33
BMA oeste	Punta Alta (1.024,11); campo alambrado (97,74); terrenos en uso militar (666,36)	1.788,21	111,42	21.542,22	20.518,11

Tabla 2.3: Área relativa urbanizada, forestada y protegida por reservas naturales en cada sección de las regiones BMO y BMA. ([1]) Fuente: Administración de Parques Nacionales (2008); ([2]) Fuente: Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires (2008).

Sección	Localidades de referencia	% área modificada total	% área forestada	% área urbana o rural	Áreas protegidas	Superficie natural protegida (ha)	% de costa protegido	% de área natural remanente protegida
BMO Norte	Punta Rasa - Punta Médanos	45,36	3,08	34,97	1- Estación Biológica Punta Rasa [municipal]	522 ([1])	3,18	5,82
BMO Sur	Punta Médanos – Mar Chiquita	25,23	6,51	18,67	1- Reserva Natural Municipal Faro Querandí .2- parte de dunas de Reserva Natural de Uso Múltiple y Refugio de Vida Silvestre "Mar Chiquita"[provincial]	1- 5575 ([1]); 2- sup. total: 55000 ([1]) pero solo 3007 corresponden a campos de dunas ([2]).	23,49	31,42
	Subtotales	**31,47**	**5,45**	**23,72**	**3**	**9104**	**17,20**	**25,09**
BMA Este	Centinela del Mar - Punta Ángeles	23,91	23,11	9,31	Ninguna	0	0	0
BMA Centro-este	Punta Ángeles – Claromecó	9,84	4,25	5,59	Reserva Natural de Uso Múltiple "Arroyo Zabala" [provincial]	817 ([2])	2,31	2,57
BMA Centro	Reta -Monte Hermoso	3,82	0,30	3,52	Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica "Monte Hermoso-Pehuen-có" [provincial]	60 (valor aproximado; solo playa)	0,11	0,11
BMA Centro-oeste	Monte Hermoso - Bahía Rada.	4,67	2,51	2,16	Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica "Monte Hermoso-Pehuen-có" [provincial]	300 (valor aproximado; solo playa)	1,61	1,69
BMA Oeste	Bahía Rada – Punta Alta.	4,75	0,52	8,30	Ninguna	0	0	0
	Subtotales	**7,02**	**3,26**	**5,00**	**2**	**1177**	**0,83**	**0,89**

A continuación se presenta una caracterización geomorfológica de mayor detalle de las regiones BMO y BMA, efectuada mediante el análisis del material remoto y un metanálisis de publicaciones disponibles al presente a la luz de la confirmación a campo realizada en este estudio. Cabe mencionar que las publicaciones disponibles al momento no cuentan con información en el nivel de detalle que se presenta en esta caracterización o bien no presentan una escala regional de análisis, por lo cual fue necesario aportar los datos de campo para la caracterización, en especial en el sector C de la región BMA, del cual no se encontraron datos de campo previos en las diferentes publicaciones de la geomorfología costera bonaerense.

Región Costera de la Barrera Medanosa Oriental (BMO)

La región costera BMO constituye una barrera medanosa casi continua desde Punta Rasa hasta la desembocadura de la laguna Mar Chiquita, abarcando una superficie total de 52.942,14 ha. El 25% de su superficie natural se encuentra protegido por reservas naturales (una provincial y dos municipales), con la sección S mejor representada (31,42% del área natural protegido legalmente).

Punta Médanos representa el punto de inflexión en el cual cambia la orientación general de la mega-geoforma, constituyendo la localidad de Villa Gesell su origen histórico (Codignotto y Aguirre 2003) desde donde de desarrolla hacia el norte hasta Punta Rasa y hacia el sudoeste hasta Mar Chiquita.

El paisaje en esta región presenta dos patrones superpuestos. Cada patrón corresponde a momentos históricos diferentes en donde las condiciones ambientales y marinas se modificaron. El patrón actual presenta en su superficie campos de dunas, donde el proceso modelador principal sería el eólico (Isla et al. 2001). Pero estas dunas se encuentran recostadas sobre cordones litorales que forman espigas que divergen desde el punto de inflexión de la costa. Este segundo patrón es anterior y ha sido modelado por procesos marinos (Codignotto y Aguirre 1993, Violante et al. 2001, Villanova et al. 2006). El alto nivel de modificación antrópica por trazado de caminos, desarrollo urbano e introducción de especies vegetales exóticas ha desdibujado las geoformas, por lo cual es menester incluir a la actividad humana con agente modelador de este paisaje también (figura 2.2).

Dentro de las geoformas de **acumulación eólica** se encuentran mayormente representados los montículos de arena (*hummocky dunes*), barjanes, crestas barjanoides y médanos transversales de cresta invertida. En la sección N (figura 2.9 A) la mayor parte de la superficie ha sido modelada por la acción humana, con lo cual la

fisonomía predominante son los mantos de arena con relictos de dunas formando montículos de arena, y escasos cordones de dunas aislados en parches donde la disponibilidad de sedimentos parece ser mayor. Estos cordones se concentran en dos parches no urbanizados cercanos a la playa, uno en el centro-norte y uno en el sur de la BMO sección N. La sección S (figura 2.9 B) se caracteriza por poseer un claro desarrollo de campos de dunas, donde predominan las crestas barjanoides con dirección norte y en la mayor parte de los casos se observan médanos transversales con inversión de la cresta hacia el sur. Estas geoformas se aprecian con mayor plenitud en un parche en norte de esta sección, y en la zona de las reservas naturales de Faro Querandí y Mar Chiquita. Alrededor de los balnearios (Pinamar, Cariló, Villa Gesell) y sobretodo en torno a las forestaciones más importantes (al norte de las mismas en especial) los campos de dunas desaparecen quedando campos relictuales de arena. Las geoformas de **erosión eólica** de dunas en voladura (*blowouts*) se observan con cierta abundancia en toda la región (figura 2.3) pero con mayor frecuencia en la sección norte.

Las geoformas de **acumulación marina** presentes son los cordones litorales, formados durante el Holoceno (Codignotto y Aguirre 1993, Violante et al. 2001, Villanova et al. 2006). Los cordones correspondientes a la sección norte están parcialmente cubiertos por los campos de dunas, con las puntas de sus espigas interdigitando en el continente. Estas puntas no han sido incluidas en la región por poseer límites confusos y una alta modificación de su morfología original, actualmente perdiéndose su límite como parte constituyente de la llanura pampeana.

La **erosión marina** se observa en el campo en las geoformas presentes en la rivera en gran parte de la región. Estas geoformas son los microacantilados que el mar labra en la mayor parte de los balnearios, tomando como sustrato a las construcciones frecuentemente. El alto nivel de urbanización y forestaciones que presenta la BMO y en especial su sección N, parece tener una relación directa al patrón de erosión marina, pudiendo incluso ser dicha relación causal (Codignotto 2004). En la sección S, específicamente en la reserva de Mar Chiquita, se observa un afloramiento en la playa que posiblemente sea una geoforma erosiva (plataforma de abrasión). Según lo observado en las visitas en campo, dicho afloramiento podría corresponder a un antiguo piso de laguna costera o albufera. Ello concuerda con el proceso histórico de colmatación de lagunas costeras que se desarrolla en la región (Villanova et al. 2006).

El **proceso fluvial** no parece ser un agente modelador del paisaje de gran importancia. No se observan ríos ni arroyos en la región a la escala de análisis ni tampoco se han detectado en los recorridos en campo. La salida al mar de la laguna

de Mar Chiquita es el único canal de drenaje presente, en el límite sur de la región, aunque cabe destacar que en los balnearios el escurrimiento del agua de lluvia por la impermeabilización que se realizó del terreno genera arroyos perpendiculares a la línea de costa que terminan seccionando las playas turísticas. Este patrón se observa en la gran mayoría de los balnearios de la región BMO y aceleran el proceso de erosión marina (Codignotto 2004).

Región Costera de la Barrera Medanosa Austral (BMA)

La región BMA comprende un complejo de campos de dunas de una extensión total de 142.904,87 ha, con dos secciones no representadas dentro de áreas protegidas (secciones E y O) y una con un escaso 0.11% protegido (sección C), contabilizando un total de 0.89% del paisaje natural protegido legalmente.

En la región se observan diferentes generaciones de dunas. Si bien todas las dunas corresponden al Cuaternario (Isla et al. 2001), la edad de las mismas disminuye en dirección hacia la playa (Cortizo e Isla 2007). La orientación predominante de la costa es E-O y su ancho varía notablemente a lo largo de toda su extensión de manera gradual, abarcando menos de 1 Km. en el extremo E (límite entre los Partidos de Lobería y General Alvarado), y llegando a un ancho de 8 Km. en la costa del Partido de Coronel Dorrego, sección C, y en el extremo oeste, Partidos de Monte Hermoso y de Coronel Rosales, secciones CO y O.

El proceso modelador del paisaje que más se destaca es el eólico, seguido por el proceso marino y el fluvial en mucha menor medida. Las geoformas de **acumulación eólica** son principalmente dunas de diversa geomorfología. Las dunas activas se disponen predominantemente sobre el frente costero (figura 2.4) y las fijas y semifijas tienen una ubicación más continental. Las primeras tienen morfología de dunas transversales, crestas barjanoides, barjanes y montículos, y las segundas son mayormente dunas parabólicas. A lo largo de la región también se observan mantos de arena con montículos aislados que no llegan a formar dunas y antiguos campos de dunas fijados con vegetación con morfología escasamente definida. El tipo de duna predominante y su distribución espacial caracterizan a se vez a cada sector, aunque la forma de la línea de costa se consideró especialmente en la delimitación y caracterización de las secciones de esta región por estar ligada directamente al estado dinámico del sistema costero (define en gran parte una costa en erosión, en acreción o estacionaria, Komar 1998).

La **sección E** (figura 2.11 A) abarca desde el arroyo Nutria Mansa (límite O del balneario Centinela del Mar) hasta el balneario Los Ángeles (sudoeste del Partido de Necochea) y su geoforma más representativa es un manto de arena que, en donde es más continuo, forma montículos (*hummocky dunes*) y hasta dunas barjanoides.

En la **sección CE** (figura 2.11 B), que abarca desde el balneario Los Ángeles hasta el O del balneario Claromecó (E de Reta) las geoformas más representativas son los barjanes y crestas barjanoides. En gran parte de la sección éstos presentan una morfología de mezcla, donde se observan en sus caras sotavento pequeñas dunas que avanzan en dirección NNE. En donde esta morfología es predominante también se observa mayor densidad de vegetación hacia el continente. Las dunas barjanoides en varias zonas poseen las puntas invertidas, fijas, y en algunos sectores llegan a invertirse totalmente dando formas parabólicas. En esta sección hay campos de muy baja actividad con espacios interdunales amplios. Un campo de arena con montículos y dunas parabólicas, discontinuo, que se ensancha hacia el oeste; éste presenta morfologías relictuales (bajos interdunales de campos de dunas previos).

La **sección C** (figura 2.11 C), en cambio, que abarca desde el oeste de Claromecó hasta Monte Hermoso (sitio “Camping Americano”), posee campos de dunas más amplios que las demás secciones, con alta continuidad y un ancho que alcanza los 8 Km. En su límite E no se distinguen dunas y la vegetación cubre casi la totalidad de la superficie. El patrón del microrelieve sugiere que se trata de un antiguo campo de dunas que se ha edafizado, aunque esta morfología es menos evidente que en el campo adyacente de la sección CE. Hacia el O la sección presenta campos de dunas vivas y fijas bien desarrollados (figura 2.5). El campo activo se aprecia desde el sector del Río Quequén Salado hasta el fin de la sección. En el este comienza como manto de arena con pocas dunas barjanoides, pero hacia el oeste, a partir del balneario Marisol (Partido de Coronel Dorrego) se distingue un campo no operativo, es decir de dunas fijas parabólicas disociadas del campo activo, que se va ensanchando hacia el continente. Hacia el mar se superimpone a un campo activo de dunas barjanoides, discontinuo. Este campo de dunas corresponde a la actual Barrera Medanosa Austral (*sensu* Isla et al. 2001), y se interrumpe en el sector del Arroyo Los Gauchos (Partido de Coronel Dorrego) dando lugar a un relieve cordoniforme (figura 2.6). Más aun hacia el oeste, el campo activo es más ancho y está representado mayormente por dunas transversales, aunque también se observan parches con dunas parabólicas activas; allí también se suma otro campo fijo más hacia el continente, con una morfología menos definida y gran densidad de cuerpos de agua. Al oeste del Río Sauce Grande las dunas del campo activo son de tipo barjanoide a transversales, y el campo fijo más

continental se va afinando hasta desaparecer. Las dunas parabólicas fijas se presentan con mucha más definición hacia el límite oeste de la sección C (Partido de Monte Hermoso), presentando brazos de amplia longitud en varias oportunidades (dunas parabólicas en horquilla).

La **sección CO** (figura 2.11 D) abarca desde el oeste del Partido de Monte Hermoso hasta el este del Partido de Coronel Rosales (sitio "Farola de Monte Hermoso"). La estructura de este paisaje se constituye por un extenso campo de dunas parabólicas vegetadas, con su geomorfología bien definida, interrumpido hacia la playa por un campo activo. No se observan bajos de gran extensión dentro del área de unas parabólicas fijas. La morfología del campo activo es poco definida por hallarse sobre el campo fijo, pero se observan dunas barjanoides y transversales, con parches donde el manto de arena solo presenta montículos dispersos y dunas parabólicas activas. En esa franja las dunas forman un mosaico con cuerpos de agua temporarios en los bajos interdunales. Este campo presenta un ancho mucho menor en el Partido de Coronel Rosales (punto medio entre los balnearios de Monte Hermoso y Pehuen-có). Marcomini et al. (2005) reconocen en esta sección dos campos de dunas inactivos bien diferenciados en función de su textura sedimentaria.

La **sección O** (figura 2.11 E) incluye desde el norte de "Farola de Monte Hermoso" hasta la ciudad de Punta Alta. Este sector contiene la continuación del campo de dunas parabólicas de la sección CO, con morfología bien desarrollada, pero adquiere complejidad hacia el oeste al intercalarse con bajos más extensos de vegetación más densa. El paisaje presenta un diseño particular, donde se ubican los campos de dunas fijas conformando una amplia matriz donde se distinguen pequeños parches interdunales que parecen contener alta humedad (esta sección no pudo ser validada en campo por lo que el dato de humedad surge a partir del análisis de irradiancia, la cual se concentra en la banda 1 de las imágenes satelitales). Los límites entre los diferentes campos fijos posiblemente correspondan a antiguas líneas de costa. Sobre el frente costero se hallan parches de dunas activas de tipo barjanoide que avanzan hacia el SO.

La geoformas de **erosión eólica** presentes en región BMA son más evidentes en donde el campo de dunas es angosto, es decir en el primer paisaje desde el este (sección E). Aquí el campo se encuentra fragmentado tanto por urbanización como por forestaciones, por lo cual la mayoría de las dunas han perdido su morfología original presentando indicios de deflación (Bértola y Cortizo 2005). En las demás secciones este proceso es menos evidente.

El proceso marino también ha modelado el terreno mediante erosión y acumulación. Las geoformas de **acumulación marina** presentes se observan en la sección C. La línea de costa es ondulada con playas que presentan barras arenosas y planicies de arena inundables, las cuales alcanzan un ancho máximo de cerca de 1 Km. en la zona de Arroyo Los Gauchos (Partido de Coronel Dorrego). En particular en ese sector de la costa coincide con un relieve cordoniforme, el cual podría interpretarse como sucesiones de cordones litorales antiguos (que no siguen la actual dirección de la línea de costa) y recientes (que acompañan la línea de costa actual).

Por otra parte, en la sección O se observan también geoformas de acumulación marina. La línea de costa de esta sección abarca la Bahía Rada, la cual sería un antiguo meandro erosionado por la acción marina (Cangioli 1992), en la que se reconocen alineaciones en la geomorfología correspondientes a cordones litorales. En la playa se forman barreras que en Punta Tejada, al oeste de la bahía, presentan terminación en espigas en gancho de muy baja estabilidad.

La sección E presenta sobre la ribera geoformas originadas por **erosión marina** actual y de gran magnitud. En el frente costero se pueden distinguir fácilmente en imágenes remotas actuales (Google Earth 4.0- 5.1, Google 2006-2009) los acantilados activos sobre los cuales predominan angostos campos de arena con montículos. Las dos secciones siguientes (CE y C), presentan signos de erosión progresivamente más leves, con sectores en escarpa de erosión marina en el este, pero de menor dimensión y mayor discontinuidad que en la sección antes descripta. Ambas secciones presentan alta continuidad entre sí, pero se diferencian por la forma de la línea de costa principalmente. Así, la sección CE, presenta una línea de costa interrumpida con puntas que denotan erosión activa, con microacantilados en los sectores urbanizados, mientras que la sección C presenta una costa de ondulación más suave, y no presenta evidencias de erosión marina. Debido a que en la bibliografía consultada no hay relevamientos correspondientes a esta sección (C), y a que en el resto de las secciones se cuenta con datos de eventos erosivos ya sea en bibliografía o por constatación en campo, es pertinente enfatizar que este dato se corroboró en campo, recorriéndose la totalidad de la ribera de la sección C.

La cuarta sección hacia el oeste en cambio (CO), exhibe una plataforma de sedimentos limo-arcillosos que aflora en la zona de playa y posee restos fósiles de interés científico y cultural. Cabe destacar que el límite entre esta sección y la adyacente descripta antes es gradual, por lo cual se tomó como criterio de delimitación el área de la ribera donde aflora dicha plataforma y a partir de allí se separaron las

secciones en línea recta hacia el continente. En el sitio de Farola de Monte Hermoso la ribera presenta un acantilado activo asociado a dicha plataforma (figura 2.7).

El proceso fluvial afecta la región en menor medida, a través de los ríos que cruzan la región hacia el mar. Los ríos presentes son el Río Quequén (sección E), Ríos Quequén Salado y Sauce Grande (sección C). Diversos arroyos atraviesan la región, destacándose el Nutria Mansa (límite este de la región), el Zabala y el Claromecó (sección CE), y el Los Gauchos (sección C). Cada uno de estos cuerpos de agua desemboca en el mar presentando una planicie de inundación que da lugar a ambientes de baja energía (pendiente leve), con la consecuente depositación de sedimento fino y son colonizados al menos en parte por vegetación de marisma. En particular, en la sección CE se observa una alta recurrencia de arroyos de menor porte, contabilizando siete en el sector comprendido entre el Arroyo Zabala y el límite este de la sección CE.

La modificación del paisaje por **actividad antrópica** es máxima en la sección E, por lo cual resulta difícil determinar la fisonomía original ese paisaje; la ciudad de Necochea es la más amplia en extensión de toda la región y las plantaciones de vegetación exótica se encuentran muy desarrolladas en esta sección. En la sección CE la barrera medanosa alcanza un máximo de 3.5 Km. de ancho aproximadamente (límite oeste) y presenta tres parches forestados, uno de los cuales es de dimensiones importantes (más de 1.700 hectáreas sobre el área costera, tabla 2.2). El nivel de modificación que presenta el paisaje por actividad humana es mediano a alto, ya que cuenta con extensas plantaciones de exóticas y balnearios (aproximadamente 1500 ha forestadas casi 2000 ha urbano-rurales, tabla 2.2). Estas modificaciones están concentradas en la zona del balneario Claromecó. La sección C presenta cuatro parches forestados conspicuos, asociados a los balnearios, siendo el correspondiente a Monte Hermoso el de mayor extensión (1000 ha sobre el área costera, tabla 2.2). El porcentaje de urbanización es bajo (3.52% de la superficie natural, tabla 2.3), siendo apenas incipiente en la zona del Partido de Coronel Dorrego. La modificación humana del paisaje en la sección CO es baja (2.16%, tabla 2.3), pero se encuentra en aumento por expansión urbana observada durante el desarrollo de este estudio. Esta sección, incluye una sola forestación, asociada a Pehuen-có (400 hectáreas ubicada al oeste de la Villa, tabla 2.2). Por último, la sección O presenta un área militar que abarca casi toda su extensión, por lo cual no se encuentra abierta al paso y por ello no se cuenta en este caso con una confirmación a campo de la información obtenida. La fisonomía de la vegetación es aparentemente de pastizal pampeano, de alta homogeneidad en el

este y mayor complejidad estructural al oeste. En la tabla 2.4 se resumen los resultados de esta caracterización.

Tabla 2.4: Resumen de la caracterización de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre Punta Rasa y Punta Alta, realizada a partir de criterios geomorfológicos.

Sección	**Criterio de caracterización**
BMO norte	Costa con orientación N - S de cordones litorales Holocenos con mantos de arena y dunas (barjanes y crestas barjanoides en su mayoría) que los cubren parcialmente. Los campos de dunas modificados se continúan hacia el continente por detrás de la sección BMO sur. Alto nivel de urbanización y forestaciones.
BMO sur	Costa con orientación NE - SO de cordones litorales Holocenos con campos de dunas (barjanes, crestas barjanoides y dunas transversales) que los cubren parcialmente. Nivel medio a alto de urbanización y forestaciones.
MdP	Franja muy angosta de la costa, asociada a los acantilados y sus plataformas de abrasión. Incluye áreas rurales y urbanas, con subsector con acantilados cuarcíticos en Mar del Plata y campos de dunas modificados al sur. Antropización máxima.
BMA este	Franja angosta de la costa, asociada a mantos de arena con montículos y escasas dunas barjanoides colgadas en los acantilados. Playas sin continuidad. Antropización muy elevada.
BMA centro-este	Predomina la morfología de mezcla: Campos de dunas barjanoides con microdunas avanzando en sus caras sotavento. Dunas barjanoides pasan a parabólicas hacia el continente. Forestaciones discontinuas. Acantilados discontinuos activos. Orientación E-O de la franja costera interrumpida por puntas. Playas de extensión variable.
BMA centro	Campos de dunas parabólicas con dunas barjanoides cubriéndolas parcialmente. Playa con barras que se ensancha hacia el Oeste. Orientación Este - Oeste de la franja costera.
BMA centro-oeste	Campos de dunas parabólicas con dunas barjanoides cubriéndolas parcialmente. Playa con barras sobre plataforma con paleoicnitas. Acantilados desde la zona más expuesta hacia el Oeste.
BMA oeste	Campo de dunas fijas complejo con escasas dunas activas hacia la rivera. Acantilados discontinuos y barras sobre la playa formando espigas inestables.

2.5 Discusión

Este trabajo constituye la primera caracterización geomorfológica completa de la costa de dunas pampeanas desde un enfoque regional, es decir, el primer trabajo en donde se contemplan las características geomorfológicas de cada paisaje de las dunas costeras de la Provincia Fitogeográfica Pampeana (*sensu* Cabrera 1971). La delimitación de las regiones costeras en secciones homogéneas con criterios geomorfológicos fue validada por la caracterización detallada de cada una de las mismas, es decir que cada una constituye un paisaje. La caracterización a su vez fue validada a campo en todos los paisajes (no así en todos los parches de cada paisaje), exceptuando las secciones E y O de la región BMA; este trabajo contiene el primer relevamiento en campo de la geomorfología de la sección C de la región BMA.

Este estudio constituye así una regionalización en el sentido de la ecología del paisaje, en donde se rechaza la hipótesis basada en el tratamiento de las mega-geoformas (e.g.: las barreras medanosas) como unidades paisajísticas: la costa de dunas pampeanas posee diferentes secciones internamente homogéneas en cuanto al patrón espacial de sus geoformas y el estado dinámico de su borde costero, es decir, posee **más de un paisaje geomorfológico**, más específicamente dos en la región BMO y cinco en la región BMA.

Los diferentes paisajes identificados no se encuentran igualmente representados en el sistema de áreas protegidas. Claramente la región BMA se encuentra desprotegida legalmente en su gran mayoría, en especial en las secciones E y O, las cuales no cuentan con áreas protegidas en sus superficie. Las secciones C y CO son dos paisajes que no cuentan con protección efectiva tampoco dado que las reservas presentes solo incluyen el área de playa y mar en su superficie.

Por tratarse de paisajes modelados por procesos ecológicos altamente dependientes de la geomorfología, la aproximación geomorfológica a la delimitación de los mismos sirve de base para el estudio de los sistemas ecológicos de las dunas costeras bonaerenses. La división entre los paisajes es clara, el borde neto entre secciones fue de fácil determinación según la estructura geomorfológica presente, con la excepción del límite entre la sección C y la sección CO, cuya diferencia estructural es gradual, por lo que el límite fue elegido fue más arbitrario que en los demás casos: se buscó el límite en función de la variable “estado dinámico del borde costero”, el cual se determinó indirectamente a través del afloramiento rocoso en la playa del Partido de

Monte Hermoso. Por esta razón, este límite podrá ser discutido e incluso corrido en el corto plazo si cambia el frágil estado dinámico del borde costero.

Al respecto de la dinámica general de la costa de dunas pampeana, el análisis presentado en este capítulo revela que las regiones analizadas poseen diversidad de paisajes, con variaciones en su estado dinámico. Algunos paisajes presentan erosión marina natural, otros presentan erosión inducida, y hay otros paisajes en donde el proceso erosivo no es evidente, más aun donde la formación de barreras y la amplitud de las playas, aparejado a la magnitud y calidad de los campos de dunas adyacentes, se condicen más con un tipo de costa de acreción o al menos estacionaria, pero no erosiva (especialmente en la zona costera del Partido de Coronel Dorrego – sección C, región BMA). A continuación, se presenta una descripción de la evolución de los diferentes paisajes de la costa estudiados obtenida mediante la reinterpretación de la información bibliográfica, enriquecida con los resultados obtenidos en este trabajo, en la escala regional.

2.5.1 Evolución de los paisajes de la región BMO

A partir del estudio del ángulo de las espigas y el ángulo de incidencia de las olas, Kokot (1997) concluye que el modelo hidrodinámico de la costa que habría originado las geoformas marinas de esta región, al parecer estuvo vigente durante los últimos 6000 años. Un paleocabo ubicado en la actual zona de Pinamar – Villa Gesell habría sido el punto de origen a partir del cual crecieron las espigas hacia el SO y N, correspondiendo con la antigua corriente de deriva que divergía en ese punto. En ambos sectores de la región, las espigas contienen alto material bioclástico y representan geoformas de alta energía (Codignotto y Aguirre 1993). El crecimiento de la espigas en ambas direcciones generó ambientes protegidos del impacto de olas, encerrados por estas geoformas, dentro de los cuales dominaron procesos de baja energía (Violante et al. 2001) y permitieron la formación de geoformas de acumulación de sedimentos finos en las regiones SB y MCh.

Isla et al. (2001) reconoce tres generaciones sucesivas de dunas en la región. La primera hace 6000-4000 años, la segunda hace 3500-3000 años y la más moderna de hace 1600-500 años. Estos ciclos de generación y regeneración se corresponderían con un patrón a escala global asociado a los ascensos y descensos del nivel del mar (Isla et al. 2001). Los campos de dunas generados así, cubren las espigas y en particular la última generación parece cubrir los sedimentos de antiguas lagunas en la zona de la laguna de Mar Chiquita.

La actual corriente de deriva tiene dirección norte. La sección N estaría naturalmente en acreción. Sin embargo allí se observaron signos de erosión neta, la cual sería entonces consecuencia del manejo que se está dando a los recursos naturales; específicamente, se estaría disminuyendo la disponibilidad de sedimentos. La sección S por otra parte, se encuentra en estado estacionario, es decir que la línea de costa no retrocede ni avanza, pero el más leve cambio en las condiciones climáticas podría desatar un proceso erosivo (Kokot 1997), aunque algunos autores ya han detectado un proceso netamente erosivo en este sector (Codignotto y Aguirre 1993).

Existen numerosos registros que mencionan que en las últimas décadas, la dinámica de la BMO ha sido modificada significativamente por la actividad de fijación, forestación, urbanización y drenaje de los médanos, lo cual incrementó los problemas de erosión costera e iniciaron problemas de escasez o contaminación del acuífero local (Isla et al. 2001). En este trabajo ello se evidencia en el tipo de morfología encontrada en la sección N claramente. La sección S sin embargo posee una geomorfología que conserva en mucha mayor medida características propias de la dinámica natural del sistema.

2.5.2 Evolución de los paisajes de la región BMA

La región de la BMA presenta mayor complejidad estructural que la región de la BMO. El paisaje comprendido entre el Arroyo Zabala y el Arroyo Claromecó (sección CE) cuenta con el estudio más completo de la región en cuanto a la evolución geomorfológica de la BMA. En este estudio, Cortizo e Isla (2007) realizan una breve descripción introductoria sobre la evolución de la región, donde mencionan que los médanos se emplazaron sobre una planicie levemente ondulada labrada en sedimentos pampeanos y pospampeanos (que afloran los acantilados marinos y las barrancas del arroyo Claromecó respectivamente), los más recientes correspondiendo a una edad de 2200-800 años AP. A partir del análisis de imágenes remotas y datos climáticos concluyen que en ese sector las dunas activas, datado en alrededor de 840 años AP, se han reducido desde 1965 hasta el año 2000 y que la morfología de los médanos se modificó a partir de la expansión del área vegetada, asociada probablemente a un aumento en las precipitaciones en la década del ’70.

Las plataformas que afloran en la sección CO presentan una edad entre 5000 y 16000 años (Arramayo et al. 2002) que crece hacia el O, con afloramientos de unos 7.000 años en Monte Hermoso (Fontana 2004), alrededor de 12.000 años en Pehuen-có (Arramayo y Manera de Bianco 2009) y millones de años en los afloramientos de

Farola de Monte Hermoso (Quattrocchio et al. 2009). La extensión de la plataforma por debajo del campo de dunas es desconocida aun.

Si bien los tres pulsos de generación de dunas que se mencionaron para la región BMO tendrían validez también para la región BMA (Isla et al. 2001), en los partidos de Coronel Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales se observan, además, campos de médanos no operativos, de gran extensión y complejidad estructural, adyacentes al campo de médanos activos, es decir, limitando con el norte de la barrera medanosa activa. Estos campos de dunas fijas son más antiguos que los campos activos, pero no se cuenta en la actualidad con dataciones de los mismos (Codignotto et al. en prensa).

Los estudios acerca de la evolución de la región BMA y la dinámica de su costa se concentran principalmente en la zona de Necochea (sección E), Claromecó (sección CE) y Pehuen-có (sección CO), habiendo una evidente escasez de estudios en lo que respecta a la sección C. Las secciones E y CO poseen zonas acantiladas en erosión, y la sección CE en la zona de Claromecó presenta modificaciones antrópicas que potenciarían los procesos erosivos localmente. Las referencias bibliográficas mencionadas en este capítulo que provienen de la geomorfología, se refieren a la costa de esta región en general como naturalmente erosiva o con erosión inducida por alto impacto antrópico en general (Codignotto et al. 1993; Isla et al. 2001; Bértola y Cortizo 2005). Sin embargo, al menos dos trabajos mencionan formas de acreción en la BMA. Uno es el estudio realizado por Cangioli (1992) donde analiza la geomorfología de las secciones CO y O, encontrando en la Bahía Rada formas de acreción marina actuales. Marcomini et al. (2005) mencionan a su vez los trabajos realizados por Caló y colegas en 1998, quienes monitorearon una tendencia acreciva al E de Pehuen-có. Asimismo, estos autores afirman que los campos de dunas que se habrían depositado sobre las plataformas subyacentes en algunos casos podrían haber acompañado la progradación de la costa. Por último, concluyen que los procesos erosivos que se concentran en la zona céntrica tienen una clara componente de inducción por actividad humana (Marcomini et al. 2005).

2.5.3 Conservación del paisaje de dunas costeras pampeanas

Al analizar los resultados obtenidos lo primero que surge a la vista es que el porcentaje de área modificada por acción antrópica en la costa de dunas pampeana disminuye hacia el sur, mayormente debido a que el área urbanizada es menor. El porcentaje de área forestada debe ser tomado con cautela ya que responde a forestaciones aisladas de los centros urbanos. Por ejemplo en el caso de Pehuen-có el

balneario presenta alto grado de forestación en su entorno y este sector fue incluido como "área rural o urbana". Lo segundo que se observa claramente es que el porcentaje de área protegida es desproporcionadamente bajo en la región de la BMA y parece muy alto en la región de la BMO. El 25.09% de la región BMO posee protección legal, mientras que la región BMA sólo cuenta con un 0.89% protegido. Si bien esto responde a los cálculos sobre áreas protegidas implementadas, el grado de implementación de cada una difiere profundamente. En el caso de la BMO es la Reserva de Mar Chiquita la que cuenta tal vez con mayor nivel de efectividad (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación et al. 2007), pero la misma enfrenta serios problemas de invasión de especies exóticas (Urquiza, en preparación). Si bien hay estudios acerca de la efectividad de las áreas protegidas de la provincia (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación et al. 2007), es preciso continuar dicha evaluación realizando un análisis más profundo de la situación actual relativizando el estado de las reservas a los objetivos de cada una de las mismas. Está claro que esas áreas ubicadas en la región de la BMO enfrentan una alta carga de visitantes, la presión de turistas es mucho más elevada en la sección N (Dadon et al. 2002), sobre todo en vehículos doble tracción, que atentan contra la estabilidad de las geoformas y la continuidad de la dinámica natural (Stephenson 1999). La Reserva Municipal de Punta Rasa por ejemplo recibe miles de turistas en alta temporada y no cuenta con recursos adecuados para su manejo (observación personal). Es preciso evaluar el grado de efectividad de dichas reservas también.

Por otra parte, la región de la BMA posee sectores que carecen totalmente de protección legal de su biodiversidad. Más aun, si se considera el área de dunas, es decir, si se deja de lado la zona de playa y los campos de antiguas barreras medanosas y se analiza la actual Barrera Medanosa Austral, únicamente se cuenta con la Reserva Natural Arroyo Zabala para su protección, la cual cuenta con un solo guardaparque con escasos recursos y no se encuentra señalizada (observación personal). A ello debe sumarse que el diseño de la misma contiene en su interior campos loteados privados que permanecen legalmente ajenos a la reserva aun estando en el centro de la misma (Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires 2010; véase capítulo 3, figura 3.14). Por último el sector de oeste de la BMA posee campos bajo propiedad militar. En esos campos está prohibido el paso, con lo cual sus ecosistemas no han sido incluidos en los relevamientos. Sin embargo ello ha contribuido a que el área conserve características prístinas aparentemente en gran parte de su superficie. Ello constituye una excelente oportunidad para la

elaboración de pautas de manejo entre el gobierno provincial y las autoridades militares que contemplen la conservación de la biodiversidad en ese sector.

En publicaciones de resultados preliminares de la presente tesis, Monserrat y Celsi (2009) proponen la ampliación de la Reserva Provincial de Pehuen-có y Monte Hermoso hacia el continente para abarcar así sectores de dunas, incluyendo nuevos objetivos de protección en la misma. La propuesta de protección legal sobre este sector de dunas fue impulsada por el Proyecto Costas Bonaerenses (Fundación de Historia Natural Félix de Azara) y elevada a las autoridades (Monserrat et al. 2005). Asimismo desde esa fundación se propuso la creación de una reserva en la zona costera de Coronel Dorrego. Su denominación completa corresponde a Reserva Natural Mixta de Objetivos Definidos Mixtos "Arroyo Los Gauchos" (expte. nro. 22230-156/07), según las categorías admitidas por la Ley n° 10907, de Parques y Reservas de la Provincia de Buenos Aires (Celsi et al. 2007). Aun no se ha obtenido respuesta a dichas propuestas.

2.5.4 Un largo camino comienza con un paso

La regionalización presentada en este capítulo es una primera aproximación a un trabajo que deberá continuarse y actualizarse constantemente. Este primer paso es fundamental, necesario, pero no suficiente.

Las regiones BMA y BMO han sido recorridas en campo con mucha inversión de esfuerzo, pero deberá continuarse este relevamiento ya que aun quedan sectores por visitar de los cuales no se cuenta con suficiente bibliografía. La dinámica de los paisajes que componen estas regiones es de cambio rápido, es decir que se modifican significativamente en escala de tiempo humana. Al carácter naturalmente cambiante de las costas se suma el desarrollo urbano y rural que avanza por sobre los campos naturales y los modifica altamente. Al respecto de este último grupo de factores, los asociados a la actividad humana, es preciso considerar los impactos que producen con especial recaudo ya que la mayor parte de la costa posee ecosistemas en los que estas actividades pueden desencadenar procesos irreversibles de degradación ambiental (por ejemplo, el tránsito vehicular sobre dunas causa cambios significativos en la vegetación, Stephenson 1999). Por todo ello, es necesario profundizar y actualizar la presente información a lo largo de los años.

El éxito en la interpretación de las imágenes también varía en función de la calidad de las mismas. En ese sentido se contó con imágenes de una resolución espacial de 30m, lo cual no permite distinguir ambientes en escala local. No se utilizó la banda pancromática, la cual daría una resolución del doble (15 m) debido a que a partir de análisis preliminares se encontró que los ambientes que permitía distinguir esa escala espacial no diferían sustancialmente de la resolución de 30 m en general, pero su utilización requería un tiempo de análisis mucho mayor. Esta dificultad se superó accediendo a bases de datos de imágenes satelitales procesadas por Google Earth donde se puede observar el paisaje a escala de alto detalle, fotos aéreas, y recorridos en campo.

En cuanto a las limitaciones del análisis efectuado, puede objetarse que los criterios de delimitación, tanto de las regiones como de las secciones dentro de las mismas, han sido subjetivos. La regionalización en este caso depende directamente de la experiencia de quien interpreta la imagen y por ello es difícilmente repetible. Sin embargo la interpretación de imágenes remotas es el método más efectivo para lograr que la información contenida dentro de las imágenes sea utilizable (Lillesand y Kiefer 2000). Si bien los resultados presentados son mejorables, ellos constituyen la síntesis de seis años de trabajo que han permitido reconocer patrones mediante la convergencia de evidencia. El propósito de este trabajo, más allá del trabajo académico, es fomentar un punto de vista regional en el manejo ambiental y facilitar la apertura de nuevas líneas de trabajo para continuar la presente investigación desde diferentes áreas de conocimiento.

2.6 Conclusiones

Se definieron 3 regiones dentro de la macroregión pampeana en la costa de Buenos Aires, mediante el análisis del patrón geomorfológico regional. Dos las regiones se corresponden con el área ocupada por las Barreras Medanosas Oriental y Austral (regiones BMO y BMA respectivamente), la tercera a los afloramientos rocosos de Mar del Plata (región Mdp).

La costa de dunas pampeanas (regiones BMA y BMO) presenta diferentes secciones internamente homogéneas en cuanto al patrón espacial de sus geoformas y el estado dinámico de su borde costero, es decir, **más de un paisaje geomorfológico**. La región BMO presenta un alto grado de urbanización y se puede subdividir en dos secciones homogéneas según su patrón geomorfológico, paisaje norte (N) y paisaje sur (S). La región BMA posee una extensión mucho más amplia y un mínimo grado de urbanización respecto de la región BMA. Puede subdividirse en cinco secciones también con un criterio geomorfológico, en los paisajes: este (E), centro-este (CE), centro (C), centro-oeste (CO) y oeste (O). La orientación de la línea de costa, la antigüedad de los campos de dunas, la disponibilidad de arena y el grado de humedad podrían ser los factores generadores de los diferentes patrones geomorfológicos observados, aunque la actividad humana estaría actuando también como un agente modelador de impacto significativo en algunos sectores.

Los diferentes paisajes identificados **no están igualmente representados en superficie dentro de las áreas naturales protegidas.** La región BMA se encuentra desprotegida legalmente en su gran mayoría, en especial en las secciones E y O, las cuales no cuentan con áreas protegidas en sus superficie. Las secciones C y CO son dos paisajes que no cuentan con protección efectiva tampoco dado que las reservas presentes solo incluyen el área de playa y mar en su superficie.

La sección N de la región BMO está naturalmente en acreción pero presenta erosión marina causada principalmente por acción antrópica. La sección S en cambio posee una geomorfología que conserva en mucha mayor medida características propias de la dinámica natural del sistema.

La región BMA presenta mayor complejidad estructural (geomorfológica) que la región BMO. En los partidos de Coronel Dorrego, Monte Hermoso y Coronel Rosales (secciones C, CO y O) se observan, campos de médanos no operativos, de gran extensión y complejidad estructural, limitando con el norte de la barrera medanosa activa. Los paisajes son diversos en cuanto a la dinámica del borde costero, conteniendo sectores de erosión natural, sectores de erosión inducida, sectores muy amplios en donde el proceso erosivo no es evidente y otros sectores donde la formación de barreras y la amplitud de las playas; estos últimos sectores se encuentran en el paisaje con mayor magnitud y calidad de los campos de dunas, con lo cual condice más con un tipo de costa de acreción o al menos estacionaria, pero no erosiva (sección C, Partido de Coronel Dorrego).

A lo largo de la costa pampeana el porcentaje de área modificada por acción antrópica disminuye hacia el sur, mayormente debido a que el área urbanizada es menor. El porcentaje de área natural protegida es desproporcionadamente inferior en la región BMA comparado con la región BMO. Sin embargo es preciso considerar el grado de efectividad de las reservas de la región BMO para realizar una evaluación de su estado de conservación. Por otra parte, la región BMA posee amplios y heterogéneos sectores, especialmente en la sección C y hacia la el oeste, que conservan el patrón geomorfológico asociado a una dinámica natural, pero que carecen totalmente de protección legal.

Debido a las características dinámicas de los sistemas de dunas, al cambio rápido intrínseco a los paisajes costeros y a la constante presión de urbanización que sufre la zona de estudio, la regionalización presentada en este capítulo es un paso fundamental que constituye la primera aproximación a un trabajo que deberá continuarse y actualizarse constantemente.

2.7 Figuras

Figura 2.1: Esquema de la ubicación de las imágenes satelitales utilizadas sobre la Provincia de Buenos Aires.

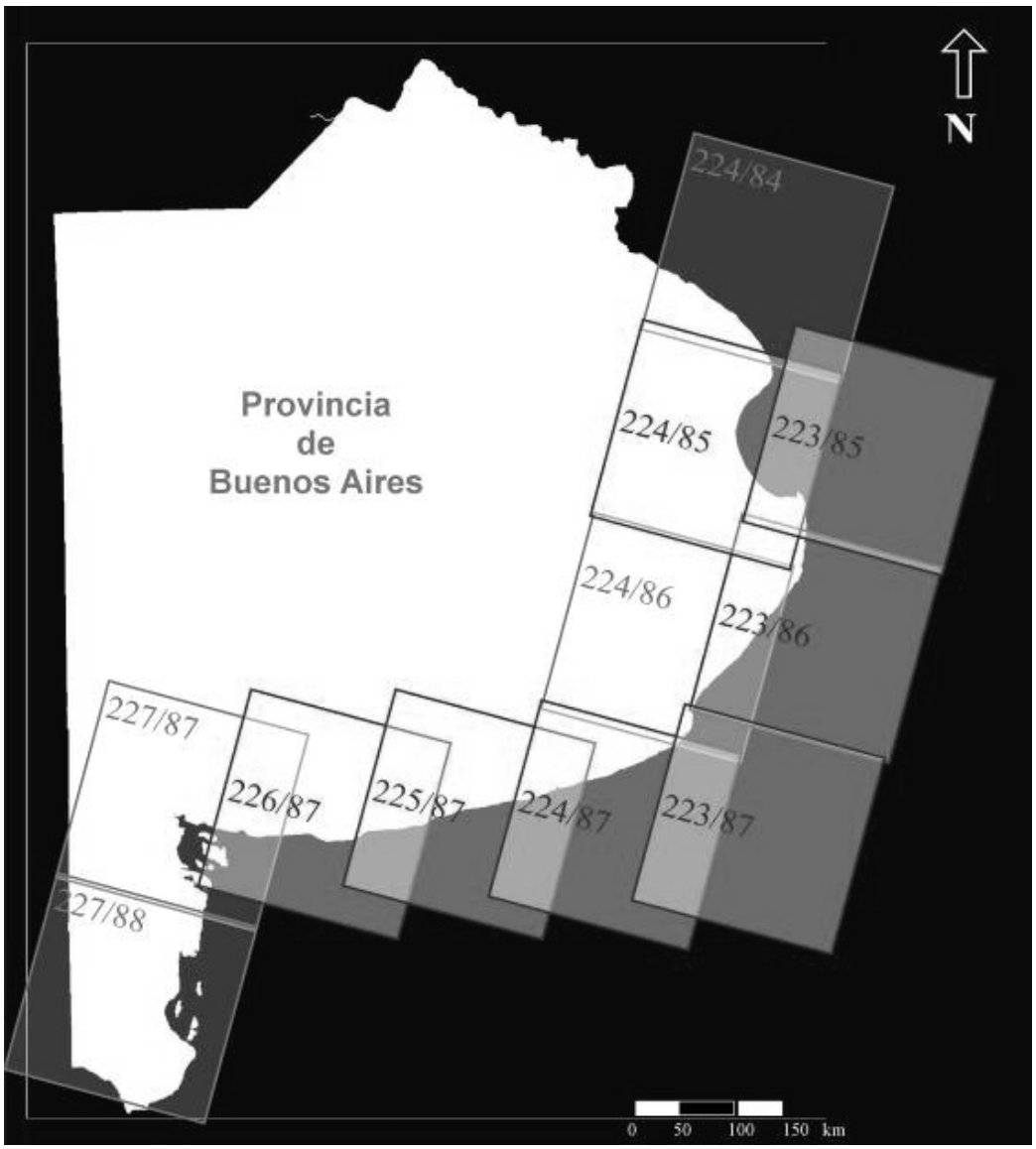


Figura 2.2: Región BMO norte. Dunas cortadas por camino de cuatriciclos en el balneario de Costa Chica. Se observa la pérdida de vegetación en el sector transitado (Foto: Ana Monserrat- Diciembre 2008).

Figura 2.3: Región BMO, sección S. Dunas degradadas adyacentes al balneario de Villa Gesell, Reserva Municipal Faro Querandí. Se observa un sector con erosión eólica en el centro de la imagen. (Foto: Ana Monserrat- Diciembre 2008).

Figura 2.4: Región BMA, sección CE. Duna barjanoide y playa distal, adyacente al balneario San Cayetano. (Foto: Ana Monserrat – Febrero 2009).

Figura 2.5: Región BMA, sección C. Vista de bajos interdunales y montículos fijos desde una duna activa. Costa del Partido de Coronel Dorrego. (Foto: Diego Urquiza, Marzo 2008).

Figura 2.6: Región BMA, sección C. Arroyo los Gauchos. (Foto: Ana Monserrat, Marzo 2008).

Figura 2.7: Región BMA, sección CO. Acantilados de Farola de Monte Hermoso. (Foto: Ana Monserrat, Enero 2005)

Figura 2.8: Mapa de la Provincia de Buenos Aires donde se indican los limites de las diferentes regiones y sus secciones homogéneas (paisajes) analizadas.

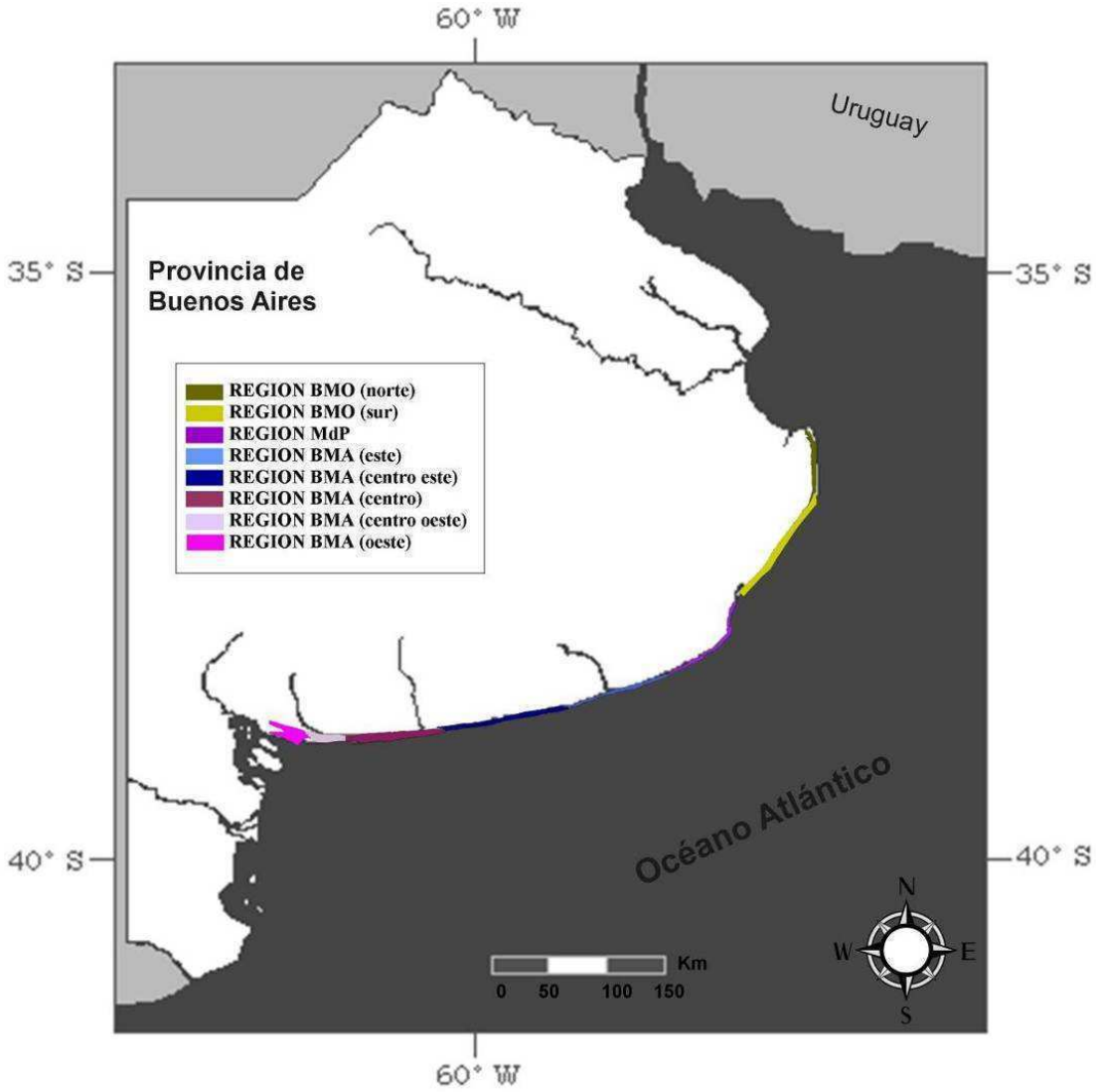
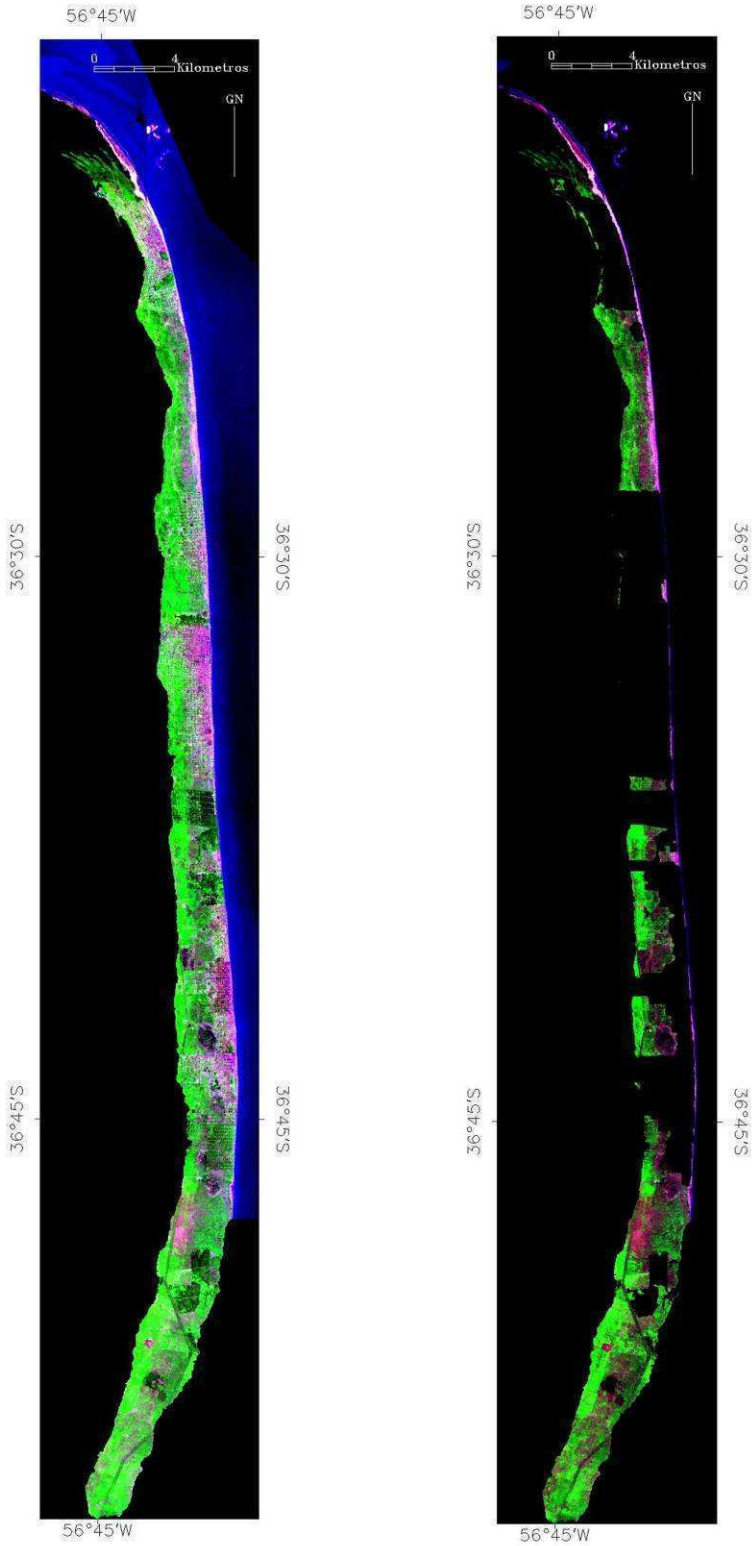


Figura 2.9: Procesamiento de la región BMO. De izquierda a derecha: muestra de los mapas de subset de la zona costera y zona “natural”. A) BMO norte; bandas RGB: 743; B) BMO sur; bandas RGB: 742.

A) Región BMO norte



B) Región BMO sur:

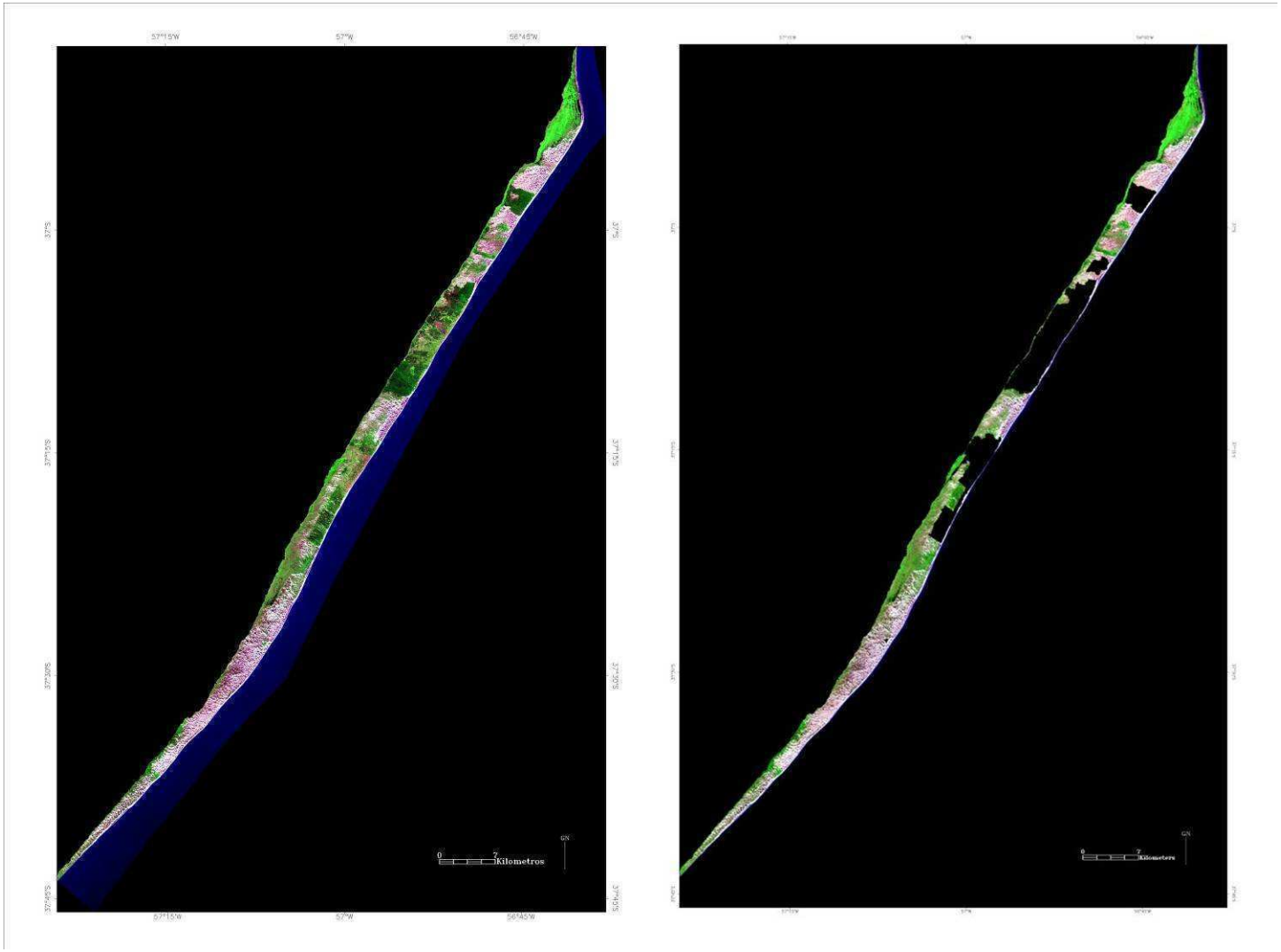


Figura 2.10: Procesamiento de la región MdP. Arriba, zona costera. Abajo, los dos sectores caracterizados como “naturales”: a la izquierda el sector sur, a la derecha el sector norte. El recuadro en rojo refiere a la ubicación del sector norte “natural” y el blanco al sector sur; bandas RGB: 742.

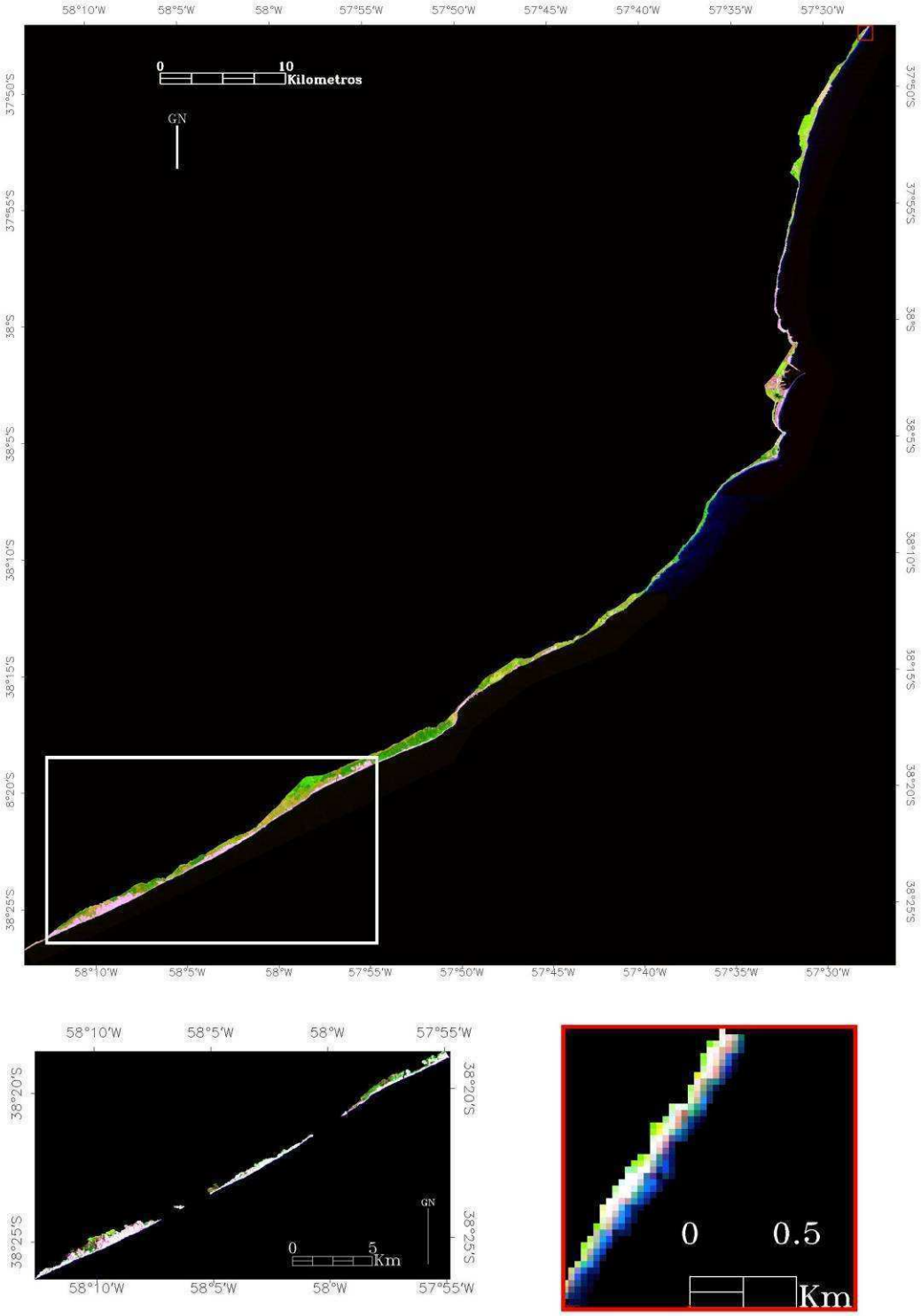
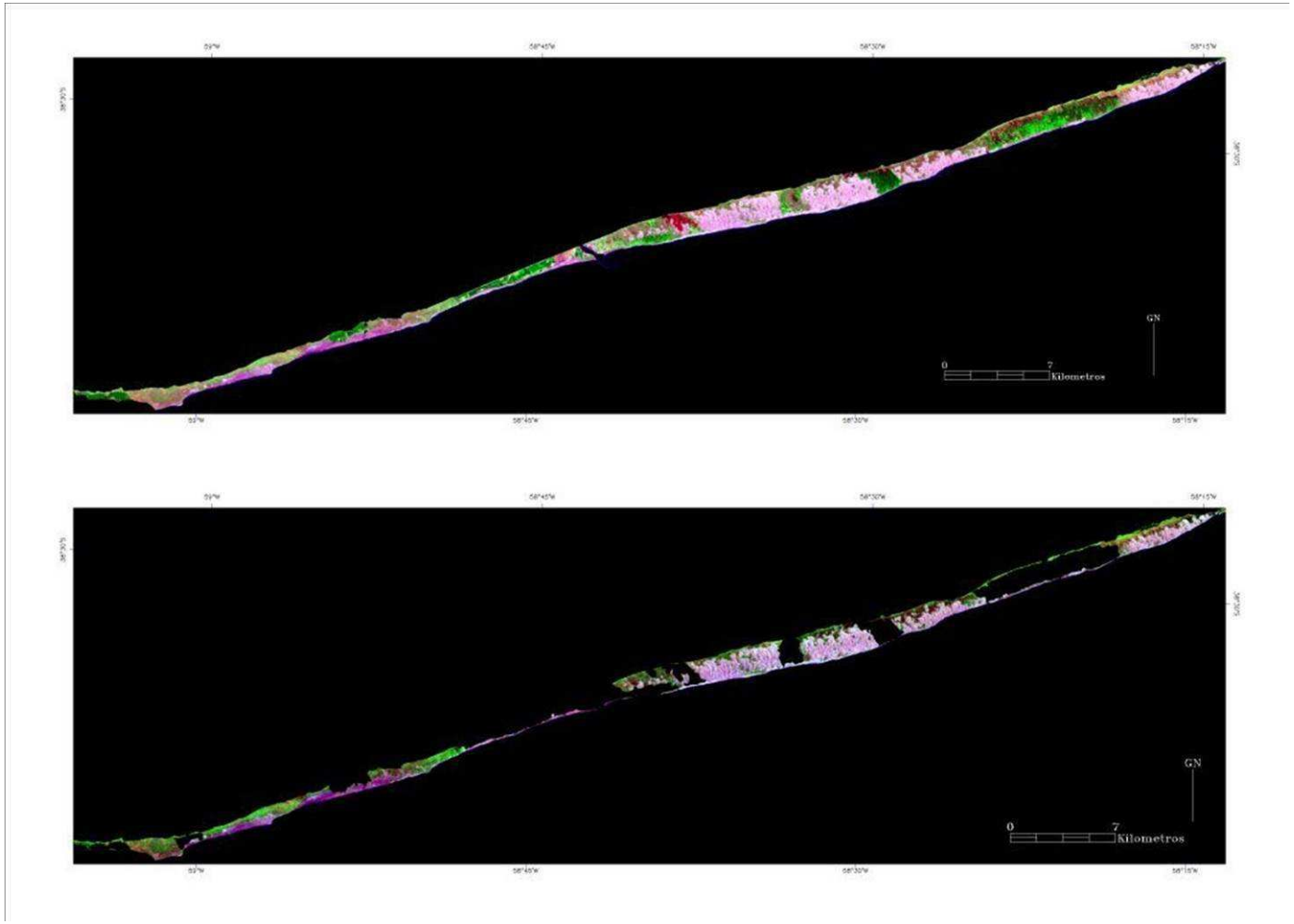
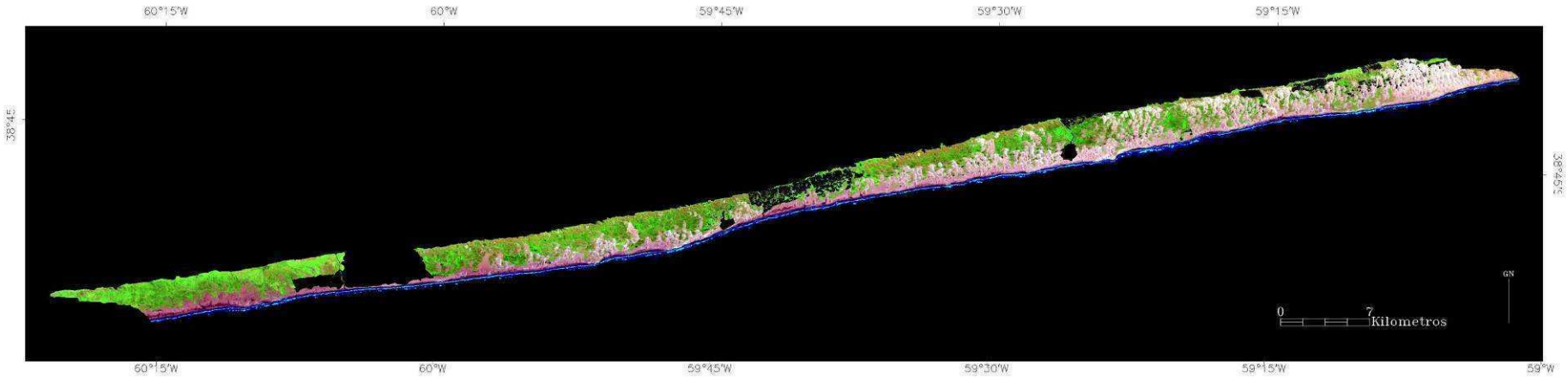


Figura 2.11: Procesamiento de la región BMA. Arriba sector considerado “costa” y abajo costa “natural” (bandas RGB: 742).

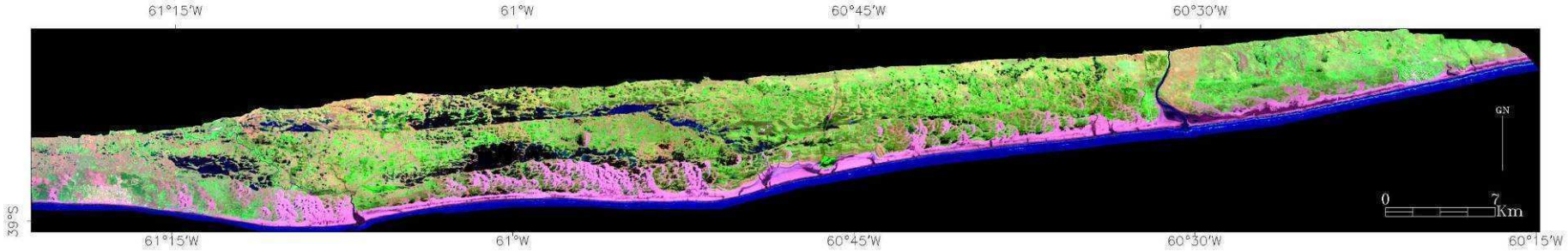
A) BMA este:

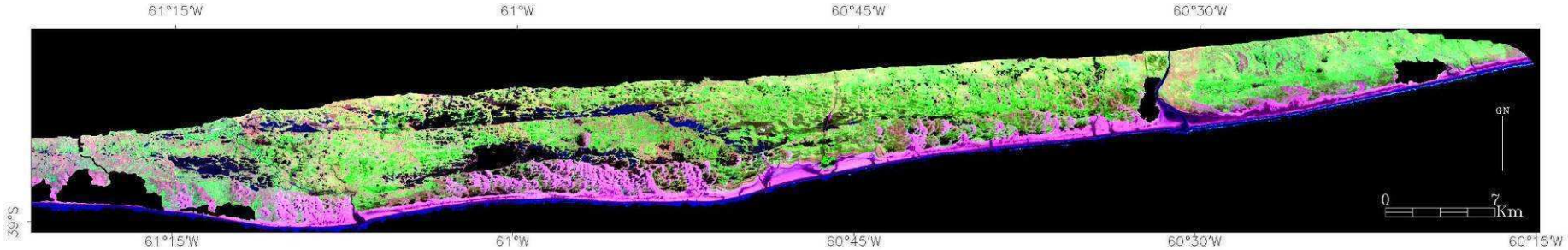


B) BMA centro-este:

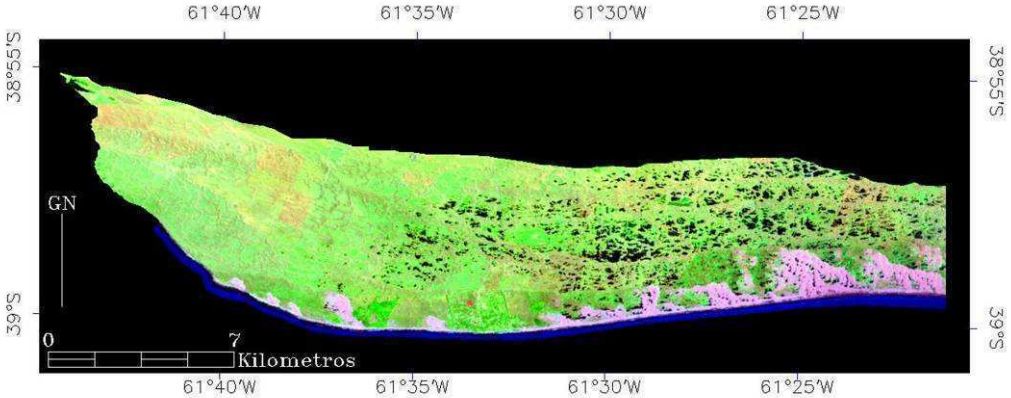


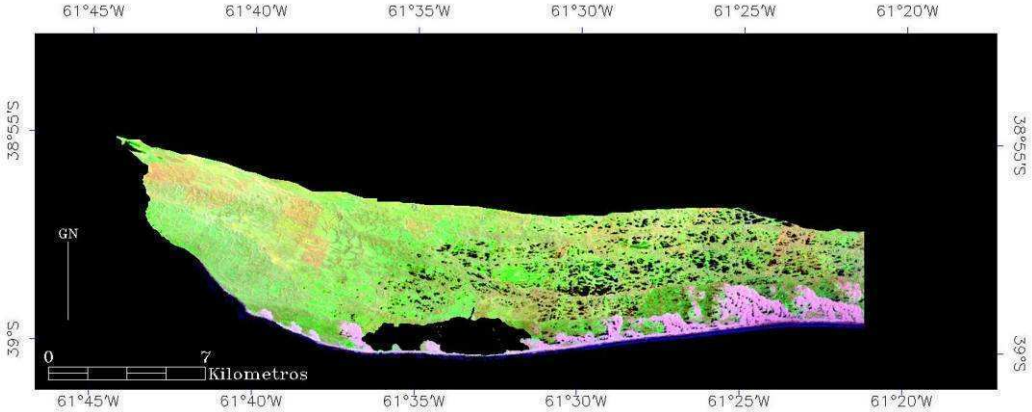
C) BMA centro:


61°15'W
61°W
60°45'W
60°30'W
60°15'W
39°S
GN
0
7
Km

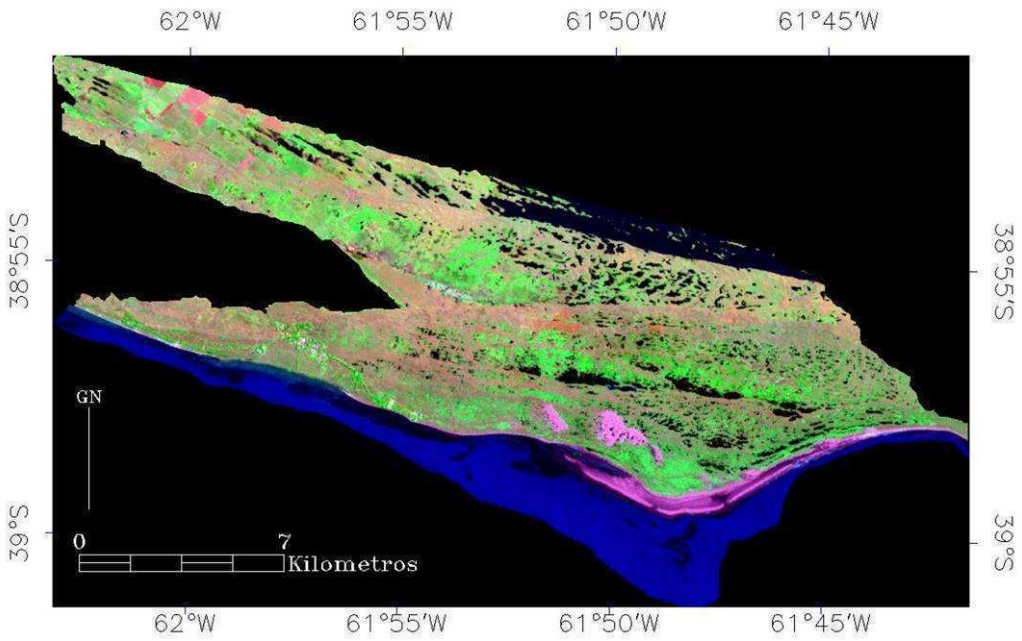

61°15'W
61°W
60°45'W
60°30'W
60°15'W
39°S
GN
0
7
Km

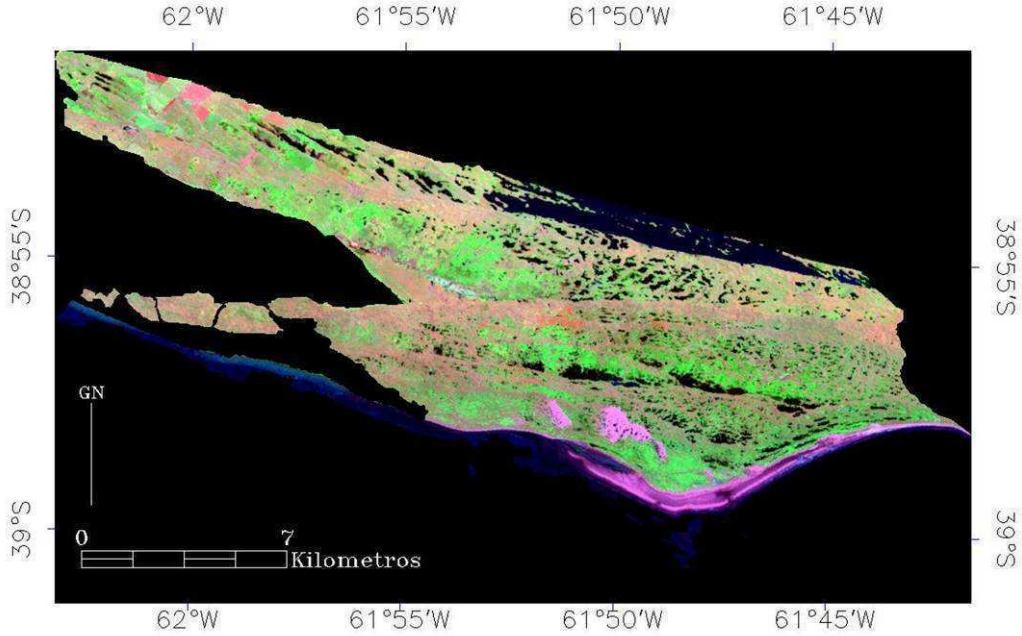
D) BMA centro-oeste:





E) BMA oeste:


62°W
61°55'W
61°50'W
61°45'W
38°55'S
39°S
GN
0
7
Kilometros


62°W
61°55'W
61°50'W
61°45'W
38°55'S
39°S
GN
0
7
Kilometros

Capítulo 3: Clasificación de las dunas costeras pampeanas según su tipo de cobertura

En este capítulo se analiza la composición y estructura del paisaje de dunas costeras en la escala regional y se compara el estado de conservación de los diferentes paisajes. Para ello se elabora un mapa de cobertura del terreno para cada sección definida en el capítulo anterior, se comparan las clasificaciones de las secciones y se evalúa qué clases están representadas dentro del sistema de áreas naturales protegidas. Se logró clasificar dos regiones de la costa pampeana, las BMO y BMA. La clasificación de coberturas CORINE fue útil para analogar las clases obtenidas a las clases utilizadas en Europa. Las diferentes secciones de las regiones identificadas en el capítulo 2, no poseen los mismos tipos de parches. Las dos regiones y los paisajes que contienen difieren tanto en extensión de parches (superficie ocupada por cada tipo de cobertura) como en identidad de los mismos (clases de cobertura obtenidas). La mayor riqueza de clases se encontró en la sección O de la BMA y la menor la sección N de la BMO y la CO de la BMA. Las clases definidas pueden asociarse a cinco tipos de ambientes: 1) cuerpos de agua, 2) comunidades desérticas psamófilas-xerófilas, 3) árboles, 4) comunidades higrófilas y 5) comunidades de leñosas nativas. Las áreas protegidas no siempre poseen todas las clases de cobertura igualmente representadas. Todas las clases definidas para la sección N de la región BMO presentan indicios de modificación antrópica. En las secciones C y O de la región BMA existe una alta diversidad de ambientes donde están presentes las asociaciones vegetales descriptas históricamente. El manejo de los recursos naturales en la BMA resulta insuficiente.

3.1 Marco conceptual

3.1.1 Estudio del patrón geográfico de la vegetación

La ecología y la historia natural tienen una larga tradición de interés en el patrón espacial y la distribución geográfica de organismos. Desde principios del SXIX, durante la influencia del Romanticismo en el mundo occidental, se desarrolló la búsqueda de una ciencia de la naturaleza global e integral. El excepcional trabajo de Alexander Von Humboldt con el botánico Aimé Bonpland sobre la distribución latitudinal y altitudinal de zonas vegetales en 1807, brindó el mayor ímpetu al estudio de la distribución geográfica de plantas y animales (Bourguet 2002). A través del siglo diecinueve, botánicos y zoólogos describieron la distribución espacial de varios taxa,

particularmente en cuanto a cómo se relacionan con los factores macroclimáticos como temperatura y precipitación. La visión emergente proponía la existencia de una fuerte interdependencia entre clima, biota y suelo, que llevan a una estabilidad a largo plazo del paisaje en ausencia de cambio climático (Turner 1989). Desde entonces, las problemáticas ambientales regionales y globales se han tenido que enfrentar al problema de la indagación acerca de la aplicabilidad de modelos ecológicos a través de escalas regionales o globales. En muchos casos los modelos que explican procesos locales no pueden ser extrapolados a escalas de menor detalle porque no se cuenta con herramientas para ello. Pero desde mediados del siglo XX, el desarrollo de la detección remota promete ampliar el espectro de posibilidades al respecto.

La ventaja tal vez más significativa de los métodos remotos sea la de permitir un acercamiento indirecto a las comunidades mediante el estudio de parámetros de distribución espacial en escala de paisaje. La heterogeneidad estructural de un paisaje viene marcada por la diversidad de elementos paisajísticos que contiene, así como por la complejidad de las relaciones espaciales entre éstos (Gurruxaga San Vicente y Lozano Valencia 2008), lo cual es accesible de estudio mediante herramientas de detección remota. Por ejemplo, la detección remota de ciertos parámetros o índices ambientales se puede utilizar como método indirecto para discernir patrones de la diversidad de especies (Turner et al. 2003).

Más allá del valor académico que posee un estudio del patrón de paisaje en ambientes naturales, cabe destacar que el conocimiento de la heterogeneidad estructural es una herramienta útil también en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales de una región. Por ejemplo, para el caso de las áreas protegidas, es ventajoso, sino necesario, comprender que un paisaje de grano grueso conteniendo áreas de grano fino es óptimo para proveer los beneficios ecológicos de parches grandes, especies multihábitat – incluyendo humanos- y una variedad de condiciones y recursos ambientales. Por ello Forman (1995) hipotetiza que un paisaje óptimo contiene parches grandes de vegetación natural, suplementado con pequeños parches repartidos a lo largo de la matriz. Alternativamente, la mayoría de las funciones de los pequeños parches pueden ser proveídas por pequeños corredores en la matriz (Forman 1995). De esta manera, los patrones de mayor prioridad para la protección (en el sentido de la biología de la conservación), sin sustituto conocido para sus beneficios ecológicos, son: unos pocos parches grandes de vegetación natural, amplios corredores vegetados protegiendo los cursos de agua, conectividad para el movimiento de especies clave entre los parches grandes, y pequeños parches y

corredores proveyendo puntos heterogéneos de naturaleza a lo largo de áreas desarrolladas (Forman 1995).

3.1.2 Clasificación de paisajes y herramientas de teledetección

Entender los factores ambientales que determinan las distribuciones de la especie y los niveles de riqueza especifica, y cómo funcionan en diversos contextos geoespaciales, es un desafío fundamental de la biología moderna (Turner et al. 2003). Este desafío es más urgente por la pérdida en curso y extensión de biodiversidad. Para detener esta pérdida se necesita saber dónde están las especies que se intenta conservar y qué áreas de la Tierra son especialmente ricas en especies. Pero para poder acertar en las decisiones de manejo se debe también entender, en un nivel más profundo, qué factores condicionan la localización de las especies en un determinado sitio y cuáles determinan que ciertas áreas sean más ricas en especies o estén caracterizadas por altos niveles de endemismos. La delimitación de zonas con cobertura similar, si bien no indaga directamente en los factores de condicionamiento de distribución de las especies, permite definir estructuralmente los paisajes de la región, es decir, aquellas zonas en donde el efecto de los procesos geológicos y ecológicos es significativamente homogéneo.

Las técnicas numéricas para la clasificación de coberturas basada en imágenes satelitales tienen una tradición larga, datando por lo menos de los años 70. Desde entonces se han desarrollado dos tipos de aproximaciones y, a pesar de progresos recientes, las mismas siguen siendo las opciones básicas. Estas aproximaciones difieren en el tipo de supuestos que contienen sobre el conocimiento de la escena que se clasificará. En la primera, la “clasificación supervisada”, se asume el conocimiento *a priori* de todos los tipos de cobertura dentro de la escena clasificada. Este conocimiento se utiliza para definir las firmas de las clases del interés, de ser aplicado a la escena entera. En la segunda, la “clasificación no supervisada”, ninguna información anterior sobre los tipos de la cobertura del terreno o su distribución es requerida (Cihlar 2000).

En un estudio de ecología del paisaje en donde se conoce qué clases de paisajes se quieren definir, y se posee al menos una muestra conocida de cada uno, es preferible la clasificación supervisada. Sin embargo, sobre áreas muy amplias la distribución de clases usualmente no es conocida a priori. Por ello, donde la información acerca de la distribución espacial no está disponible (es decir, cuando es necesario mapear áreas

extensas no bien conocidas) la clasificación no supervisada parece ser la mejor estrategia, aunque el método supervisado ha sido utilizado en algunos casos. De cualquier manera, es requerida información de campo independiente, tanto para el método supervisado como para el no supervisado. La ventaja más importante del método no supervisado reside en que los problemas de posición y representatividad de los datos de terreno son menores, dado que las clases resultantes son homogéneas por definición (Cihlar 2000).

Los métodos de clasificación no supervisada dividen la escena (es decir, la representación de la imagen satelital) en grupos espectrales más o menos puros, restringidos típicamente por los parámetros predefinidos que caracterizan las propiedades estadísticas de estos grupos y las relaciones entre grupos adyacentes. La asignación de etiquetas de cobertura de terreno a los grupos espectrales individuales se hace posteriormente, sobre la base de información de campo, obtenida en las localizaciones indicadas por los grupos resultantes. Por ello, la clasificación no supervisada provee información más comprensiva sobre las características espectrales del área, presenta grupos espectralmente puros para el paso de etiquetado y da la oportunidad al analista de agrupar similares conjuntos en un número menor de clases de cobertura del terreno. Tal vez el mayor problema con la clasificación no supervisada es el efecto de parámetros controlados (número de conjuntos, dispersión permitida alrededor de los conjuntos) dado que, para el mismo set de datos, cambios en éstos pueden producir diferente agrupamiento final (Cihlar 2000).

Durante el año 1971, el Servicio de Relevamientos Geológicos de Estados Unidos, USGS (United States Geological Survey), propuso el empleo de una clasificación de coberturas basada en el uso de sensores remotos para Estados Unidos (Anderson et al. 1976). Desde entonces varias clasificaciones de cobertura se han desarrollado con pretensiones de aplicabilidad global. Entre ellas se destacan la Land Cover Classification System (LCCS) desarrollada por la FAO (Di Gregorio y Jansen, 1998) y la CORINE (Coordination of Information on the Environment) desarrollada en principio en un programa de la Comisión Europea entre 1985 y 1990 (Büttner et al. 2004a) pero actualizada varias veces posteriormente. Al respecto, Acosta et al. (2005) han mostrado que un mapa de cobertura del terreno con leyendas detalladas expandidas para clases naturales y seminaturales, basadas en la clasificación del terreno CORINE, es un instrumento útil para el relevamiento de los paisajes dunas costeras en Europa. Por su parte, Buenos Aires no cuenta por el momento con un instrumento de

escala regional de tal tipo, validado con datos de campo. Este trabajo apunta a establecer los pilares para la elaboración de esa herramienta.

3.1.3 Áreas protegidas

El florecimiento del conservacionismo y su posterior desarrollo está cronológicamente asociado con el empleo de áreas protegidas con fines conservacionistas. El número de áreas protegidas en el mundo ha ido en aumento exponencial desde finales del siglo XIX. Antes del comienzo del siglo XX el número de áreas protegidas superiores a 1.000 hectáreas eran 37, desde 1900 hasta 1969 el número ascendió hasta 573. Sin embargo, la mayor expansión se ha producido en la década del 70'. Entre 1970 y 1979 el número de áreas protegidas subió hasta 1317, contando entre ellas Parques Nacionales, Reservas Naturales, Áreas Gestionadas para Usos Múltiples, etc. (Begon et al. 1999).

Desde hace décadas las organizaciones internacionales como IUCN, WCS, entre otras, y los investigadores de diversos países, han reconocido el valor de las áreas protegidas en zonas costeras para la humanidad (IMCRA Technical Group 1998, Francour et al. 2001, Jones 2002, Kuijper 2003, Barber et al. 2004), pero en Buenos Aires, la superficie destinada a la protección de estos paisajes es escasa (Brown et al. 2006, Celsi y Monserrat 2006, Monserrat y Celsi 2006).

Si bien la conservación de la diversidad paisajística no es el objetivo de todas las áreas protegidas, en este trabajo se considerará la extensión superficial de las áreas protegidas y se evaluará la representatividad de paisajes contenidos en las mismas, más allá de los objetivos de creación de las mismas. Dado que no hay estudios actuales acerca de la diversidad paisajística de la costa bonaerense, será necesario primero indagar acerca de la misma, para luego evaluar en ese contexto el aporte conservacionista de cada área protegida.

3.2 Objetivos e hipótesis

En este capítulo se aborda el objetivo número 2 de la tesis: determinar la estructura y composición del paisaje de dunas costeras en la escala regional (validar la regionalización) y parte del objetivo 4: determinar el estatus de conservación de los diferentes paisajes de la costa de dunas pampeanas.

En particular se pretende 1) elaborar un mapa de cobertura del terreno con leyendas detalladas expandidas para clases naturales y seminaturales, basadas en una clasificación del terreno CORINE adaptada a la zona de estudio, para cada sección definida en el capítulo anterior de la costa medanosa pampeana; 2) comparar las secciones en función de su diversidad de clases; 3) evaluar qué clases de cobertura del área de estudio están representadas dentro de las áreas naturales protegidas de la Provincia de Buenos Aires.

Para acceder a estos objetivos, se parte del supuesto de que las imágenes satelitales de las secciones costeras de Buenos Aires permiten definir clases de cobertura acordes a las clases de cobertura CORINE utilizadas en Europa. En función de ello se consideran las siguientes hipótesis nulas de indagación:

1- Las diferentes secciones de las regiones de dunas costeras pampeanas identificadas en el capítulo 2, poseen los mismos tipos de parches, tanto en extensión (superficie ocupada) como en identidad (clase de cobertura que lo identifica).

2- Todas las clases de cobertura presentes en una región están igualmente representadas en superficie en las reservas presentes en la misma.

3.3 Materiales y Métodos

3.3.1 Composición del paisaje

Para estudiar la composición del paisaje se procedió a clasificar los diferentes elementos en función de su cobertura. Para ellos se utilizaron las imágenes satelitales procesadas (véase Capítulo 2).

Clasificación

Para la clasificación de las diferentes unidades de paisaje se procedió al análisis de las secciones obtenidas en el capítulo 1. Se aplicó una clasificación no supervisadas en cada sector “natural”. Para ello se utilizó el algoritmo ISODATA del programa ENVI 3.6 (Research Systems 2002) por no priorizar elementos y ser mejor para elementos lineales o muy particionados. Los parámetros utilizados fueron elegidos con el fin de

separar clases de ambientes de reflectancia muy parecida entre sí, es decir, se procedió a una discriminación fina con los siguientes valores: 1) entre 10 y 20 clases, ya que a partir de la confirmación en campo se esperaba encontrar 10 clases de ambiente diferente; 2) 500 iteraciones; 3) umbral de cambio del 1%; 4) mínima cantidad de pixeles en una clase igual a 250; 5) la máxima desviación estándar de una clase se estableció en 0.001; 6) la mínima distancia entre clases pedida fue de 0.05, y 7) la máxima cantidad de pares a unir se fijó en 10. Las clases obtenidas se interpretaron *a posteriori* en función de la confirmación y tomando como referencia el sistema CORINE (CORdination of INformation on the Environment) Land Cover, de la Unión Europea para homologar clases de diferentes secciones entre sí. Para ello se efectuó primero una traducción de la clasificación CORINE y luego la misma se utilizó para clasificar los paisajes obtenidos.

Confirmación

Con el fin de interpretar las clases obtenidas en la clasificación se procedió a colectar pixeles de sitios relevados en campo o bien, cuando no se dispuso de datos de campo, se estableció la clase de ambiente en función de imágenes remotas de mayor resolución espacial que las imágenes Landsat. A partir de los pixeles colectados en la imagen Landsat e identificados según su tipo de ambiente, se aplicó el algoritmo de clasificación supervisada de mínima distancia (*minimum distance*). El resultado obtenido se utilizó para interpretar las clases de la clasificación ISODATA (no supervisada). Para la interpretación de las clases obtenidas en la clasificación ISODATA se siguió el principio de parsimonia, mediante el cual se elaboró una regla que se ilustra en el siguiente ejemplo:

1- Clase A contiene pixeles identificados como cortaderal y B contienen pixeles identificados como Juncal; entonces A = Cortaderal y B = Juncal.

2- Clase A contiene pixeles de cortaderal y juncal mientras que clase B solo contiene pixeles de juncal; entonces Clase A = pajonal mixto (cortaderal con juncal) y Clase B = juncal.

3- Clases A y B contienen ambas pixeles identificados como juncal y como cortaderal; entonces se unen las clases A + B = C = pajonal mixto (cortaderal con juncal).

4- Clase A contiene pixeles de cortaderal y Clase B no incluye pixeles identificados pero sus pixeles en la clasificación supervisada corresponden en su mayoría a la clase “cortaderal”; entonces Clase A = cortaderal, Clase B = cortaderal 2 (no validado).

Asimismo los grupos de pixeles colectados se ingresaron como *ground-truth pixels* en un análisis de exactitud. Éste último se realizó con una matriz de confusión a partir de los pixeles clasificados con ISODATA y los píxeles colectados. El programa brinda el porcentaje de exactitud (cantidad de píxeles correctamente clasificados sobre el total de píxeles analizados) y detalla en la matriz la cantidad de pixeles correctamente clasificados para cada clase. A partir de la matriz se puede obtener la exactitud de cada clase ISODATA siendo:

PA (*producer accuracy*)= probabilidad de que un píxel de la clase X sea clasificado como tal = pixeles clasificados correctamente como clase X/ píxeles totales que son efectivamente clase X

UA (*user accuracy*)= probabilidad de que un píxel clasificado como de la clase X efectivamente lo sea = pixeles clasificados correctamente como clase X / pixeles totales clasificados como clase X.

3.3.2 Estructura del paisaje

Para estudiar la estructura del paisaje se analizó la heterogeneidad del mismo mediante índices de diversidad y equitatividad. Los índices se seleccionaron por ser de fácil cálculo y amplio uso académico dentro de la bibliografía de la temática.

Heterogeneidad del paisaje

Con el fin de estimar la heterogeneidad de cada región se comparó la cantidad de clases obtenidas en las clasificaciones no supervisadas. Para ello se utilizó como índice de heterogeneidad a la diversidad (Peet 1974). La riqueza y la equitatividad de clases de cada sección también se calcularon con el objetivo de comparar con otros trabajos de la temática.

Para estimar la riqueza se utilizó el número de clases diferentes en una determinada sección. La diversidad se calculó a partir del índice de Shannon-Weaver por ser la expresión que quizá más ventajas, usada en la teoría de la información (Margalef 1974):

$$H' = - \sum^{n=1} (pi \ln pi)$$

n = numero de clases

pi = extensión relativa ocupada de la clase de cobertura en el área de estudio.

La equitatividad se obtuvo a partir de la fórmula de Pielou (1966), que es la proporción entre la diversidad obtenida y la diversidad teórica máxima:

$$\text{Equitatividad: } J = H'/H_{max}$$

H_{max}= ln(n) implica el máximo valor de H en un sitio con n clases de cobertura.

J=0 indica un sistema con una sola clase de cobertura.

J=1 indica un sistema con clases de cobertura de equivalente extensión relativa.

3.3.3 Áreas protegidas

Con la utilización del programa ENVI 3.6 se dibujó, sobre las imágenes satelitales procesadas, la superficie aproximada de las reservas provinciales y municipales que contienen superficie considerada "natural" en el análisis del capítulo anterior. Luego se superpuso la clasificación terminada en cada caso y se contabilizó el número de clases presentes y la distribución de píxeles en cada una. No se tomaron en cuenta pixeles correspondientes al área marina debido a que los límites de las reservas en agua no pudieron ser adecuadamente definidos. La información acerca de la ubicación exacta de las reservas de Arroyo Zabala y Mar Chiquita fue cedida por el Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires (2010); para el resto de las reservas, los límites se aproximaron a partir del texto de las leyes de declaración de cada una y bibliografía.

3.4 Resultados

Como resultado general se encontró que la clasificación ISODATA permitió identificar diferentes tipos de ambientes en cada región y sus respectivas secciones, con la excepción de la región MdP. En ésta última la superficie a analizar fue tan reducida que los resultados no fueron aprovechables.

3.4.1 Composición del paisaje

Las clases identificadas en las imágenes analizadas se describen con detalle en esta sección, a continuación del cuadro de categorías CORINE utilizadas. Los mapas se

presentan en la sección 3.7. Los resultados de la clasificación se resumen en la parte final de esta sección, en la Tabla 3.1.

Para la identificación de clases se utilizaron las siguientes categorías de la clasificación CORINE (modificado a partir de Feranec y Oťaheľ 1998 y Büttner et al. 2004b, traducción propia):

3. Bosques y áreas semi-naturales

3.1 Bosques

3.1.2 Bosques de coníferas

3.1.2.5 Áreas de pinos artificialmente plantadas.

3.2 Matorrales y pastizales

3.2.1 Pastizales naturales

3.2.1.1 Pastizal natural con menos de 15% de leñosas.

3.2.1.2 Pastizal natural con 15-40% de leñosas.

3.2.2 Matorrales y páramos

3.2.2.1 Matorrales y páramos

3.2.3 Vegetación esclerófila

3.2.3.1 Matorral esclerófilo

3.2.4 Matorral de transición

3.2.4.3 Matorral con árboles dispersos y pastizales.

3.3 Espacios abiertos con poca o ninguna vegetación

3.3.1 Playas, dunas y arenas

3.3.1.1 Playas*

3.3.1.2 Dunas con poca o nula vegetación, principalmente pastos finos.

3.3.2 Roca desnuda

3.3.2.1 Rocas desnudas. Planicies de abrasión, afloramientos rocosos, etc.

3.3.3 Vegetación dispersa en arenas

3.3.3.1 Vegetación dispersa en sustrato arenoso.

4. Humedales

4.1 Humedales continentales

4.1.1 Marismas continentales

4.1.1.1 Marismas de agua dulce con lecho de cañas (más de 80%).

4.1.1.2 Marismas de agua dulce sin lecho de cañas (menos de 20%).

4.1.1.4 Marismas saladas continentales sin cañadas.

4.2 Humedales marítimos

4.2.1 Marismas saladas

4.2.1.1 Marisma salada sin cañadas

4.2.1.2 Marisma salada con cañadas

4.2.3 Planicie de mareas

4.2.3.1 Planicies de mareas

5. Cuerpos de agua

5.1 Aguas continentales

5.1.1 Cursos de agua

5.1.1.1 Ríos

5.1.2 Cuerpos de agua

5.1.2.1 Cuerpos de agua naturales

5.2 Aguas marinas

5.2.1 Albufera

5.2.1.1 Albufera (laguna costera)

5.2.3 Mar y océano

5.2.3.1 Mar y océano

* = En este trabajo se considera que esta clase incluye planicies y barras de arena sin vegetación y con inundación periódica, además de la playa propiamente dicha.

A continuación se describen las clases identificadas en las diferentes secciones de las regiones costeras pampeanas analizadas.

Secciones y sus clases (ISODATA)

Región BMO

Sección BMO Norte (figura 3.5)

Exactitud (píxeles bien clasificados/ píxeles muestreados) = 597/707 = 84.4413%

Clases validadas

[3211/3212] – Pastizal denso y pastizal con leñosas [60095 píxeles = 5404.55 ha; PA: 300/307; UA: 300/337)

Hierbas y subarbustos de pequeño porte cubriendo más del 50% de la superficie. En su sector más costero hay dominancia de *Poa lanuginosa*, *Baccharis genistifolia* y *Tessaria absinthioides* (figura 3.1). Incluye sectores de pastizal (dominancia de *Poa lanuginosa*) con matas dispersas de gran porte de otras especies de gramíneas [solo un sitio de la franja más costera fue relevado a campo, el resto fue validados por imágenes].

[3312] - Duna desértica [2715 píxeles = 244.35 ha; PA: 60/76; UA: 60/61]

Zonas desérticas con menos del 15% de cobertura vegetal. Incluye sectores de dunas activas sin cobertura vegetal, blowouts y mantos de arena. Constituye la franja más costera de la sección.

[3243] - Arboleda laxa [7017 píxeles = 631.53 ha; PA: 29/29; UA: 29/36]

Árboles o arbustos de gran porte (*Pinus sp.*, *Acacia trinervis*, *Tamarix sp.*, *Celtis tala*, entre otros) dispersos sobre una matriz de pastizal o pradera seminatural.

[3311] - Playa [6850 píxeles = 616.5 ha; PA: 67/67; UA: 67/69]

Sedimentos en tránsito ubicados en la franja costera que reciben inundación marina periódica, expuestos al oleaje. Pueden ser de origen marino o bien producto de relleno antrópico.

[3331] - Estepa pastos blandos [2646 píxeles = 238.14 ha; PA: 2/4; UA: 2/30]

Estepas de gramíneas de pequeño porte. Suele tener cobertura homogénea menor al 50% pero incluye sectores de cobertura superior (pastizales). Se concentra en el sector más costero de la sección, sobre dunas activas o semifijas. Las especies que dominan suelen ser *Panicum racemous*, *Senecio crassiflorus*, *Calycera crassiflolia* y diversas herbáceas.

[3211] – Pajonal (Cortaderal) [14301 píxeles = 1287.09 ha; PA: 30/90; UA: 34/54]

Ambientes con cobertura vegetal cercana al 100% en donde domina vegetación higrófila. Muy frecuentemente domina *Cortaderia selloana* (figura 3.1).

[3331] – Terreno raso (erosión de origen antrópico) [3784 píxeles = 340.56 ha; PA: 105/134; UA: 105/120]

Caminos y páramos de escasa vegetación muy modificados por actividad antrópica.

Clase que no fue posible validar

[3312] – Duna desértica 2 [340 píxeles = 30.6 ha]

Clasificados como duna desértica en la clasificación supervisada, estos pixeles corresponden a la franja de sustrato arenoso que separa la playa de los mantos de arena y dunas desérticas. Probablemente corresponde a un sector de la playa distal.

Sección BMO Sur (figura 3.6)

Exactitud (píxeles bien clasificados/ píxeles muestreados) = (471/622) 75.7235%

Clases validadas

[5231] – Mar (Playa sumergida) [15903 píxeles = 1431.27 ha; PA: 57/57; UA: 57/57]

Sector de la playa que se encuentra saturado de agua o bien sumergido.

[3211]- Pastizal de *Imperata brasiliensis* [5601 píxeles = 504.09 ha; PA: 73/84; UA: 73/77]

Pastizales de cobertura cercana al 100%, ubicados en bajos topográficos. Domina principalmente *Imperata brasiliensis* pero lo acompaña gran diversidad de herbáceas, en su mayoría ciperáceas y juncáceas.

[3331] - Estepa desértica y pastizal laxo [20508 píxeles = 1845.72 ha; PA: 53/59; UA: 53/75]

Estepas de gramíneas xerófilas. Suele tener cobertura homogénea menor al 50% pero incluye sectores de cobertura superior (pastizales) con matas dispersas de gran porte. Se concentra en el área que queda entre la barrera medanosa activa y el campo agropecuario. [Esta clase fue validada por imágenes de alta resolución, no se determinaron especies dominantes]

[3211] – Pajonal (Cortaderales) [63558 píxeles = 5720.22 ha; PA: 12/25; UA: 12/24]

Vastos pajonales de cobertura vegetal heterogénea que incluye parches donde la cobertura de *Cortaderia selloana* alcanza valores cercanos al 100% (figura 3.2).

[3312]- Duna desértica [46165 píxeles = 4154.85 ha; PA: 48/93; UA: 48/71]

Sectores de cobertura vegetal cercana al 0% y alta ondulación de terreno. Corresponde a dunas activas y en voladura (figura 3.2).

[3211] - Pastizal denso [32019 píxeles = 2881.71 ha; PA: 53/72; 53/71]

Sector con cobertura vegetal mayor al 60% y predominio de herbáceas. Gramíneas de gran porte en alta densidad cubren gran parte del ambiente. Se ubica principalmente alrededor de grupos de pinos o acacias. [Esta clase fue validada por imágenes de alta resolución, no se determinaron especies dominantes]

[3125/3221] - Pinar y Acacias [14258 píxeles = 1283.22 ha; PA: 135/151; UA: 135/143]

Grupos de pinos y acacias en alta densidad. Generalmente plantados artificialmente pero un considerable porcentaje presenta un patrón de distribución espontáneo.

[3331]– Estepas mixtas y herbáceas [64435 píxeles = 5799.15 ha; PA: 22/60; UA: 22/50]

Montículos o dunas activas o semifijas con cobertura menor al 60% donde dominan *Achyrocline satureioides* y *Poa lanuginosa* o bien *Panicum racemosum*, acompañadas por gran variedad de herbáceas.

[3311] – Playa (y planicie arenosa) [30804 píxeles = 2772.36 ha; PA: 18/21; UA: 18/54]

Superficie arenosa de escasa ondulación y escasa o nula vegetación. Constituye la playa distal y sectores sin vegetación entre dunas.

<u>Clase que no fue posible validar</u>

[5231] – Mar (Playa sumergida) 2 [4020 píxeles = 361.8 ha]

[3211]- Pastizal de *Imperata brasiliensis* 2 [2322 píxeles = 208.98 ha]

[3331] – Estepas mixtas y herbáceas 2 [4749 píxeles = 427.41 ha]

Región BMA

Sección BMA Este (figura 3.7)

[Análisis de exactitud impracticable]

[5231/5121] – Mar y lagunas [5941 píxeles = 534.69 ha]

Constituye el sector de playa sumergida en el agua marina o bien lagunas continentales.

[3211] – Pastizal laxo [16707 píxeles = 1503.63 ha]

Área con alta cobertura vegetal y dominancia de gramíneas. Especies generalmente xerófilas.

[3211]- Pastizal denso [8721 píxeles = 784.89 ha]

Área con cobertura vegetal cercana al 100% y dominancia de gramíneas. Especies generalmente xerófilas.

[3211]- Pajonal (Cortaderal) [4454 píxeles = 400.86 ha]

Área con alta cobertura vegetal y dominancia de *Cortaderia selloana*.

[4111] - Pajonal higrófilo [1538 píxeles = 138.42 ha]

Área con alta cobertura vegetal y dominancia de ciperáceas, gramíneas y juncáceas. Especies generalmente higrófilas (probablemente domina *Imperata brasiliensis*). También incluye el borde de rivera donde el sustrato está húmedo.

[3312]- Duna desértica [20928 píxeles = 1883.52 ha]

Mantos de arena y dunas activas con escasa o nula cobertura vegetal.

[3321]- Sustrato rocoso [544 píxeles = 48.96 ha]

Planicie de abrasión rocosa en el sector intermareal.

[3311] - Arena húmeda [1720 píxeles = 154.8 ha]

Superficie arenosa de escasa o nula vegetación y alta humedad.

[3311] - Planicie arenosa [2156 píxeles = 194.04 ha]

Superficie arenosa de escasa o nula vegetación y escasa ondulación.

[3331] - Estepas [14482 píxeles = 1303.38 ha]

Áreas de cobertura vegetal escasa y dominancia de especies xerófilas.

[3125/3221] - Pinar y Acacias [1154 píxeles = 103.86 ha]

Grupos de pinos y acacias en alta densidad. Generalmente plantados artificialmente pero un considerable porcentaje presenta un patrón de distribución espontáneo.

Sección BMA Centro-Este (figura 3.8)

Exactitud (píxeles bien clasificados/ píxeles muestreados = (603/775) 77.8065%

Clases validadas

[4111/5231] – Zona inundada y mar [35298 píxeles = 3176.82 ha; PA: 133/133; UA: 133/136]

Sectores inundados ya sea en el borde marino (plataforma de abrasión) o bien en los bajos dentro de los campos de dunas. Es posible que presente cobertura vegetal de especies higrófilas. [Esta clase fue validada por imágenes de alta resolución, no se determinaron especies dominantes]

[3125] - Pinar [43435 píxeles = 3909.15 ha; PA: 8/16; UA: 8/22]

Grupo de pinos. Los grupos más conspicuos fueron extraídos de la imagen en el procesamiento previo. Éstos son los grupos que escaparon a ese paso por poseer escasa extensión o bien por tener una forma totalmente irregular (indicando expansión de renovales no mediada por el hombre).

[3312] - Duna desértica [64255 píxeles = 5782.95 ha; PA: 183/243; UA: 183/243]

Duna, playa y montículos con cobertura vegetal cercana al 0%.

[3211] – Pajonal (Cortaderal) [26882 píxeles = 2419.38 ha; PA: 20/24; UA: 20/25]

Ambientes dominados por *Cortaderia selloana* donde la cobertura vegetal es alta y la acompaña una alta diversidad de especies. Se ubica preferentemente en los sectores bajos entre dunas y hacia el continente.

[3211] - Pastizal de *Poa lanuginosa* [46249 píxeles = 4162.41 ha; PA: 8/17; UA: 8/78]

Sectores de duna fija o semifija, o bien montículos de arena, con cobertura entre 50-100% dominada por *P. lanuginosa*. Muchas especies acompañantes, alta diversidad específica donde la mayoría son herbáceas. Se ubica sobre el campo activo de la barrera medanosa.

[3331] - Estepa de *Panicum urvilleanum* [13328 píxeles = 1199.52 ha; PA: 19/82; UA: 19/24]

Sectores de duna activa con escasa cobertura (menor al 50%) donde domina *P. urvilleanum*. Suele haber claros de cobertura nula. Se ubica sobre el campo activo de la barrera medanosa.

[3211] - Pastizal de *Panicum urvilleanum* [27222 píxeles = 2449.98 ha; PA: 14/20; UA: 14/21]

Ambientes de sustrato arenoso y cobertura entre 50-100% dominada por *P. urvilleanum*. Escasas especies acompañantes. Se ubica bordeando las dunas y también aparece bordeando algunos sectores de la playa distal.

[3211/3212] - Pastizal denso con leñosas [42186 píxeles = 3796.74 ha; PA: 97/110; UA: 97/97]

Matriz de gramíneas con alta cobertura vegetal con parches de grandes matas de gramíneas y diversas formas vegetales. Se ubica en bajos rodeando los sectores inundados y formando una franja discontinua entre el campo de dunas activo y la planicie desnuda. Posiblemente incluya grupos de *Acacia trinervis* y *Tamarix* sp. [Esta clase fue validada por imágenes de alta resolución, no se determinaron especies dominantes].

[3331] – Terreno raso [38335 píxeles = 3450.15 ha; PA: 121/130; UA: 121/129]

Superficie de escasa pendiente u ondulación con cobertura vegetal cercana al 0%. Se concentra en el límite hacia el campo agropecuario. [Esta clase fue validada por imágenes de alta resolución, no se determinaron especies dominantes]

Clases que no fue posible validar

[3211] - Pastizal de *Panicum urvilleanum* 2 [9581 píxeles = 862.29 ha]

[5231]- Mar [7152 píxeles = 643.68 ha]

Sección BMA Centro (figura 3.9)

Exactitud (píxeles bien clasificados/ píxeles muestreados = (1148/1279) 89.7576%

Clases validadas

[5231/5111/5121/4111] –Mar, arroyos, lagunas y zona inundada [39055 píxeles = 3514.95 ha; PA: 530/530; UA: 530/530]

Sector de playa sumergida cubierta por una delgada capa de agua marina, zona de arroyos y lagunas y áreas inundadas.

[3311]- Arena húmeda [15221 píxeles = 1369.89 ha; PA: 135/188; UA: 135/154]

Superficie de arena con agua subsuperficial.

[4111/4114/4211] – Marisma salada y pajonal hidrófilo [59483 píxeles = 5353.47 ha; PA: 48/59; UA: 48/48]

Parches de vegetación hialófila asociada a cursos de agua o cuerpos de agua estancada con alto nivel de sales y comunidades asociadas a alta humedad (posiblemente también alta salinidad). En el primer caso dominan ambientes monoespecíficos de *Sarcocornia perennis* generalmente bordeados por franjas de *Spartina densiflora*. En el segundo caso se realizó confirmación por imágenes, no se determinaron especies a campo.

[3211] – Pajonal (Cortaderal y Juncal) [76483 píxeles = 6883.47 ha; PA: 22/68; UA: 22/35]

Superficie llana o con microtopografía positiva donde domina *Cortaderia selloana* bordeando bajos en los que se encuentran comunidades dominadas por *Juncus acutus* o ciperáceas higrófilas como *Schoenoplectus americanus*. La cobertura ronda entre 90 y 100%.

[4112/3211] Totoral y pastizal [72765 píxeles = 6548.85 ha; PA: 10/16; UA: 10/22]

Ambientes bajos donde la cobertura del 100% es casi exclusivamente *Typha* sp. (totorales) y ambientes de pastizal psamófilo con comunidades de *Imperata brasiliensis* en los sectores de mayor humedad o bien *Achyroclyne satureioides* o *Poa lanuginosa* en los sectores más drenados.

[3211] – Pastizal laxo [69088 píxeles = 6217.92 ha; PA: 36/36; UA: 36/36]

Pastizales con cobertura vegetal muy homogénea, probablemente pastoreados. [Esta clase fue validada por imágenes de alta resolución, no se determinaron especies dominantes].

[3331/3231]- Estepa mixta y matorral [85799 píxeles = 7721.91 ha; PA: 4/15; UA: 4/5]

Ambientes de cobertura de alrededor del 50% dominados por arbustos como *Hyalis argentea* y *Baccharis divaricata*, y con herbáceas como *Poa lanuginosa* (hacia el continente) o *Panicum urvilleanum* (hacia el mar). También esta clase incluye los ambientes de mayor cobertura vegetal (mayor al 60%) dominados por arbustos como *H. argentea*, *Discaria americana* y *Baccharis genistifolia*.

Estos ambientes se distribuyen en copiosos parches de escasas dimensiones en los sectores de dunas fijas o cordones litorales, sobre las superficies mejor drenadas de los mismos.

[3312/3331] – Duna desértica, con estepas herbáceas [104137 píxeles = 9372.33 ha; PA: 313/313; UA: 313/375]

Áreas de dunas activas o semiactivas con cobertura vegetal entre 0 y 50%. Los sectores dominados por *Panicum urvilleanum* son más frecuentes sobre las dunas más cercanas al mar, acompañado generalmente por *Calycera crassifolia*. Las estepas de *Spartina ciliata* dominan en la playa distal (figura 3.3), frecuentemente acompañada de *Sporobolus rigens,* y las de *Schoenoplectus americanus* dominan en los sectores llanos húmedos entre dunas donde la cobertura vegetal es escasa (menor al 40%).

[3125]- Pinares [20555 píxeles = 1849.95 ha; PA: 50/54; UA: 50/74]

Ambientes dominados por *Pinus sp*. Generalmente asociados a centros urbanos y estancias.

Clases que no fue posible validar

[3331/3231]- Estepa mixta y matorrales 2 [62783 píxeles = 5650.47 ha]

Esta clase quedó indefinida y fue identificada como estepa en la clasificación supervisada. Se concentra en el sector más continental y ocupa grandes extensiones, formando un mosaico con la clase “Campo pastoreado”.

Sección BMA Centro-Oeste (figura 3.10)

Exactitud (píxeles bien clasificados/ píxeles muestreados = (216/286) 75.5245%

Clases validadas

[3331/3211]– Pastizal y estepa herbácea [112410 píxeles = 10116.9 ha; PA: 21/44; UA: 21/31]

Ambientes con cobertura variable donde predomina *Poa lanuginosa*, generalmente acompañada por *Hyalis argentea* y *Achyrocline satureioides* o

bien ambientes también de cobertura variable pero de menor riqueza específica, donde domina *Panicum urvilleanum* acompañada a veces por *Senecio bergii* y *Calycera crassifolia*. En el primer caso constituyen comunidades de alta riqueza específica en las paleodunas, con mayor cobertura (pastizales) en reducidas extensiones sobre las laderas de las dunas vegetadas, y alcanzando su máxima extensión en el paleocampo de dunas que se encuentra adyacente al campo actual, hacia el continente. En el segundo caso las comunidades están concentradas en las dunas activas o semifijas y montículos de arena, con cobertura variable pero en general menor a 50%.

[3312] - Duna desértica (con sectores con clastos) [12196 píxeles = 1097.64 ha; PA: 87/95; UA: 87/109]

Dunas activas con cobertura vegetal cercana al 0%. Incluye los sectores de playa y sectores del campo de dunas en lo que suele haber material clástico.

[3211] - Pastizal (*Polypogon imbervis*) [4108 píxeles = 369.72 ha; PA: 2/11; UA: 2/4]

Ambientes de cobertura vegetal cercana al 100% con gran diversidad vegetal. Generalmente ubicada en bajos dominados por herbáceas, principalmente gramíneas y en especial *P. imbervis* acompañada por *Agrostis platensis*, diversas ciperáceas y juncáceas. Esta clase se encuentra sobreestimada en esta clasificación ya que los pixeles correspondientes a arena de playa húmeda fueron incluidos en la misma.

[3331]- Estepa de *Spartina ciliata* [3287 píxeles = 295.83 ha; PA: 6/6; UA: 6/12]

Sector de la playa distal con cobertura vegetal menor al 40% dominado por *S. ciliata*. Puede estar acompañada de *Sporobolus rigens*.

[3231] - Matorral [31817 píxeles = 2863.53 ha; PA: 4/15; UA: 4/10]

Ambientes de cobertura vegetal mayor al 70% donde la forma predominante son los arbustos. Domina *H. argentea* o bien *D. americana.* Las acompañantes más frecuentes son *Tessaria absinthioides* y *Glyzyrrhiza astragalina*. La diversidad es alta y se ubican en las cimas y laderas de dunas inactivas (figura 3.4). Este tipo de ambiente se concentra en las dunas inactivas sobre las que se encuentra el actual campo de dunas activo. Algunos pixeles de la zona de playa fueron erróneamente clasificados como matorral.

[3211/4112] – Pajonales (Cortaderales) y Totorales [9265 píxeles = 833.85 ha; PA: 20/24; UA: 20/37]

Incluye la superficie arenosa con microtopografía positiva dominada por *Cortaderia selloana*, y los bajos a los cuales la misma rodea, en los que dominan especies hidrófilas (figura 3.4). En los bajos suelen encontrarse una alta diversidad de ciperáceas y juncáceas y cuando la humedad es mayor los ambientes suelen presentar 100% de cobertura de *Typha sp* (totorales).

[3125] - Pinar [2802 píxeles = 252.18 ha; PA: 8/19; UA: 8/11]

Grupos reducidos de pinos. Los pinares de mayor extensión fueron extraídos del análisis previamente.

[5121] - Lagunas [3128 píxeles = 281.52 ha; PA: 17/18; UA: 17/18]

Cuerpos de agua dulce ubicados entre las dunas (bajos interdunales) o bien en el límite de los campos de dunas (figura 3.4).

[5231]- Mar [1891 píxeles = 170.19 ha; PA: 47/47; UA: 47/47]

Área de la playa o plataforma de abrasión cubierta por agua marina. Ésta clase ha sido subestimada por el algoritmo en el sector de playa, clasificándose los pixeles de arena húmeda como Pastizal de *Polypogon imbervis* y algunos como matorral, según se advirtió cuando se validó en campo).

Clases que no fue posible validar

[3211] – Pajonal (cortadera) [17381 píxeles = 1564.29 ha]

Ambientes que forman un mosaico con las estepas y pastizales de *P. lanuginosa* en el paleocampo de dunas. Dominan matas de una especie de gramínea. En la clasificación supervisada fue clasificado como cortaderal.

Sección BMA Oeste (figura 3.11)

[Análisis de exactitud impracticable]

[5231/5111/5121/4111] – Zona inundada [11779 píxeles = 1060.11 ha]

Sector de playa sumergida cubierta por una delgada capa de agua marina, zona de arroyos y lagunas, y áreas inundadas.

[5231/5121] – Mar y lagunas [17467 píxeles = 1572.03 ha]

Constituye el sector de playa sumergida en el agua marina o bien cuerpos de agua.

[3311] - Arena húmeda [6937 píxeles = 624.33 ha]

Superficie arenosa de escasa o nula vegetación y alta humedad.

[3211/4112]-Pajonal (Juncal) [11218 píxeles = 1009.62 ha]

Ambientes de pajonal con alta cobertura vegetal (cercana al 100%) ubicado bordeando bajos microtopográficos.

[4112] - Totorales [4144 píxeles = 372.96 ha]

Ambientes de pajonal con alta cobertura vegetal (cercana al 100%) ubicado en bajos microtopográficos, generalmente rodeado por juncales y bordeando a su vez cuerpos de agua.

[4111] – Pajonales higrófilos [12421 píxeles = 1117.89 ha]

Ambientes ubicados en bajos arenosos con alta humedad. Alto porcentaje de cobertura dominado por especies higrófilas. Incluye el sector de la playa lindante con el centro militar. La vegetación aparentemente contiene alto porcentaje de especies con alto poder de retención de sedimentos.

[3312] – Duna desértica [4595 píxeles = 413.55 ha]

Mantos de arena y dunas activas con escasa o nula cobertura vegetal.

[3331]- Estepas [63857 píxeles = 5747.13 ha]

Áreas de cobertura vegetal escasa y dominancia de especies xerófilas.

[3211] – Pajonal (Cortaderal) [57420 píxeles = 5167.8 ha]

Área con alta cobertura vegetal y dominancia de *Cortaderia selloana*. Suele formar un mosaico con pajonales de juncos.

[3211] – Pastizal laxo [25671 píxeles = 2310.39 ha]

Área con alta cobertura vegetal y dominancia de gramíneas. Especies generalmente xerófilas.

[3211]- Pastizal denso [12594 píxeles = 1133.46 ha]

Áreas de alta cobertura vegetal rodeadas por pastizales. Contiene alta cobertura de matas grandes de gramíneas. Pueden ser *Cortaderia selloana* o bien otra gramínea de gran porte.

Tabla 3.1: Resumen de clases CORINE identificadas en las imágenes trabajadas. Se identifican las subclases con diferentes letras para representar las variedades reconocidas de cada una.

Clase CORINE	grupo	BMO		BMA				
		Norte	Sur	Este	Centro-Este	Centro	Centro-Oeste	Oeste
3125	leñosas grandes				pinar	pinares	pinar	
3125/3221			pinar y acacias	pinar y acacias				
3211A	pajonales y pastizales	pajonal (cortadera)	pajonal (cortadera)	pajonal (cortadera)	pajonal (cortadera)			pajonal (cortaderas)
3211B						pajonales (cortadera y juncos)		
3211C								pajonal (juncos)
3211D			pastizal (imperata)					
3211E			pastizal denso	pastizal denso				pastizal denso
3211F				pastizal laxo		pastizal laxo		pastizal laxo
3211G					pastizal (poa)			
3211H					pastizal (panicum)			
3211I							pastizal (polypogon)	
3211/4112							pajonal (cortadera) y totorales	
3331/3211							pastizal y estepa herbácea	
3211/3212		pastizal denso/con leñosas			pastizal denso/con leñosas			
3231	leñosas menores						matorral	
3243		arboleda laxa						
3331/3231						estepa mixta y matorral		
3311A	estepas y desiertos	planicie arenosa	planicie arenosa	planicie arenosa				
3311B				arena humeda		arena humeda		arena húmeda
3312		duna desértica	duna desértica	duna desértica	duna desértica		duna desértica	duna desértica
3312/3331						duna desertica y estepas herbáceas		
3331A		terreno raso			terreno raso			
3331B				estepas				estepas
3331C		estepa pastos blandos						
3331D			estepa desertica y pastizal laxo					
3331E			estepa mixta y herbácea					
3331F					estepa (panicum)			
3331G							estepa (spartina)	
4111	humedales			pajonal higrófilo				pajonal higrófilo
4112								totorales
4112/3211						totorales y pastizales		
4111/4114/4211						marisma y pajonal higrófilo		
4111/5231/5111/5121						zona inundada/mar/arroyos/lagunas		zona inundada/mar/arroyos/lagunas
4111/5231					zona inundada/mar			
3321	rocas			sustrato rocoso				
5121	agua						lagunas	
5231			mar				mar	
5231/5121				mar y lagunas				mar y lagunas
3211	clases sin validación			No corresponde			pajonal (cortadera)	No corresponde
3211			pastizal (imperata) (2)	No corresponde				No corresponde
3211				No corresponde	pastizal (panicum) (2)			No corresponde
3312		duna desértica (2)		No corresponde				No corresponde
3331			estepa mixta y herbácea (2)	No corresponde				No corresponde
3331/3231				No corresponde		estepa mixta y matorral (2)		No corresponde
5231			mar (2)	No corresponde	mar			No corresponde

3.4.2 Estructura del paisaje

En función de los resultados obtenidos en la clasificación y confirmación de la misma, se procedió a calcular los índices de riqueza, diversidad y equitatividad para las secciones analizadas. Las secciones E y O de la BMA no fueron relevadas a campo, por lo cual la identificación de las clases no se consideró lo suficientemente confiable aun para este análisis.

La mayor riqueza de clases en esta escala de análisis se encontró en la sección O de la BMA (partido de Coronel Rosales). La mayor equitatividad y diversidad de clases se encontró en la sección CE de la BMA. La menor riqueza se encontró en la sección N de la BMO y la CO de la BMA, presentando ésta última los índices más bajos de diversidad y equitatividad de clases. En la figura 3.2 se resumen los resultados encontrados.

Tabla 3.2: Análisis de la heterogeneidad de clases identificadas en las diferentes secciones en la escala de paisaje. Extensión[2] = área considerada en el análisis expresada en hectáreas; Riqueza = cantidad de clases diferentes identificadas; Diversidad = índice *H'*; Equitatividad: índice *J*. No se calcularon estos dos últimos índices en las secciones BMA este y oeste (véase texto). S/D: sin dato.

	BMO		**BMA**				
	Norte	Sur	Este	Centro-Este	Centro	Centro-Oeste	Oeste
Extensión (ha)	8762,72	24961,56	0,00	30347,10	48832,74	15829,65	0,00
Riqueza (S)	7,00	8,00	9,00	9,00	9,00	7,00	10,00
Diversidad (H')	1,28	1,89	S/D	2,13	2,07	1,16	S/D
Equitatividad (J)	0,66	0,91	S/D	0,97	0,94	0,60	S/D

3.4.3 Áreas protegidas

A partir de los resultados obtenidos se procedió a analizar qué clases de cobertura se encuentran representadas en las reservas naturales del área de estudio.

[2] Los valores de extensión y de riqueza son menores que los informados en la tabla 2.2 (capítulo 2) y la descripción de clases de este capítulo debido a que sólo se considera en el cuadro la superficie de las clases utilizadas para los cálculos de los índices (no se incluyen clases mar y agua).

Áreas protegidas en la región BMO

La Municipalidad de La Costa (Ordenanza Nº 1023 y Decreto Municipal Nº 380) declaró en 1991 "reserva natural transitada" al área de **Punta Rasa** (figura 3.12) con una extensión de 520 ha, ocupando playas, médanos y áreas bajas interiores con pequeñas lagunas salobres. Los límites están dados desde la Ciudad de San Clemente del Tuyú hasta la Punta Rasa. Asimismo la zona fue declarada Reserva Natural Provincial de Objetivo Definido (Ley 12.016) en la franja de tierras costeras de dominio provincial, playas y aguas someras hasta dos (2) metros de profundidad o hasta dos (2) kilómetros desde la costa, entre la desembocadura del Canal I (partido de Tordillo) y Punta Rasa (partido de General Lavalle), y la franja sobre el litoral marítimo.

La clasificación ISODATA arroja la siguiente distribución de píxeles para el área de reserva aproximada: mar [valor desconocido], pastizal denso [134 píxeles = 12.06 ha], duna desértica [544 píxeles = 48.96 ha], arboleda laxa [191 píxeles = 17.19 ha], planicie arenosa [1771 píxeles = 159.39 ha], estepa de pastos blandos [396 píxeles =35.64 ha], pajonal (cortadera) [471 píxeles = 42.39 ha], terreno raso [8 píxeles = 0.72 ha] y duna desértica 2 [64 píxeles = 5.76 ha].

Creada por ordenanza municipal nº 1487 en noviembre de 1996, la **Reserva Municipal "Faro Querandí"** (figura 3.13) tiene una superficie de 5757 ha y cubre ambientes de dunas, bañados, pastizales y playa. La reserva natural se encuentra en la parte sur del partido de Villa Gesell a 5 Km. de Mar Azul se accede únicamente por la playa. Tiene una extensión de 21 Km. sobre la costa y un ancho variable de 3,5 Km.

La distribución de píxeles en las clases dentro del área aproximada de la reserva fue: pastizal (*Imperata*) [2664 píxeles = 221.76 ha], estepa desértica y pastizal laxo [344 píxeles = 30.96 ha], pajonal (cortadera) [10616 píxeles = 955.44 ha], duna desértica [13948 píxeles = 1255.32 ha], planicie arenosa [8016 píxeles = 721.44 ha], pastizal denso [4091 píxeles = 368.19 ha], pinar y acacias [673 píxeles = 60.57 ha], estepa mixta y herbácea [21089 píxeles = 1898.01 ha], mar [67 píxeles = 6.03 ha], pastizal (*Imperata*) 2 [200 píxeles =18 ha] y estepa mixta y herbácea 2 [1617 píxeles = 145.53 ha]. Dado que la reserva no incluye zona marina los píxeles correspondientes a la clase mar son errores de la clasificación.

La **Reserva Natural Provincial "Mar Chiquita"** (Ley 12270; figura 3.13) comprende superficies del campo de dunas del partido de Mar Chiquita**,** las playas del litoral marítimo desde la desembocadura de la albufera y el cuerpo de agua y riberas de la laguna (albufera) Mar Chiquita.

En este caso, la distribución de píxeles fue: mar [valor desconocido], pastizal (*Imperata*) [1167 píxeles = 105.03 ha], estepa desértica y pastizal laxo [475 píxeles = 42.75 ha], pajonal (cortadera) [7013 píxeles = 631.17 ha], duna desértica [8035 píxeles = 723.15 ha], planicie arenosa [5220 píxeles = 469.8 ha], pastizal denso [3530 píxeles = 317.7 ha], pinar y acacias [4282 píxeles = 385.38 ha], estepa mixta y herbácea [9670 píxeles = 870.3 ha], pastizal (*Imperata*) 2 [624 píxeles = 56.16 ha] y estepa mixta y herbácea 2 [821 píxeles = 73.89 ha].

Áreas protegidas en la región BMA

En la sección CE se encuentra la **Reserva Natural Provincial de Uso Múltiple "Arroyo Zabala"** (Ley 12743; figura 3.14). La reserva incluye la zona de dunas comprendida a ambas márgenes de la desembocadura del Arroyo Zabala, perteneciente geográficamente a los partidos de San Cayetano y Necochea y la zona de playa y sector entre mareas, así como las aguas marítimas hasta los dos (2) kilómetros desde la costa.

La clasificación ISODATA presenta la siguiente distribución de píxeles en el área de la reserva: zona inundada/mar [valor no calculado], pajonal (cortadera) [305 píxeles = 27.45 ha], pinar [1251 píxeles = 112.59 ha], duna desértica [2070 píxeles = 186.3 ha], pastizal (*Poa*) [2096 píxeles = 188.64 ha], estepa (*Panicum*) [176 píxeles = 15.84 ha], pastizal denso/con leñosas [1037 píxeles = 93.33 ha], pastizal (*Panicum*) [1359 píxeles = 122.31 ha], terreno raso [197 píxeles = 17.73 ha] y pastizal (*Panicum*) 2 [605 píxeles = 54.45 ha].

En las secciones C y CO se encuentra la **Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial "Pehuén Co-Monte Hermoso"** (Ley 13394; figura 3.15) La misma comprende tres áreas, las dos primeras en la sección CO y la tercera en la sección C. Estas áreas abarcan únicamente la zona de playa desde la duna frontal hasta la isobata de 5m en el mar.

La distribución de pixeles de la clasificación ISODATA dentro del área aproximada incluida en la reserva es la siguiente:

Áreas 1 y 2: mar [valor desconocido], duna desértica [734 pixeles = 66.06 ha], estepa (*Spartina*) [332 pixeles = 29.88 ha], pastizal y estepa [738 pixeles = 66.42 ha], laguna [173 pixeles = 15.57 ha], pastizal (*Polypogon*) [722 pixeles = 64.98 ha], matorral [5 pixeles = 0.45 ha] y pinos [3 pixeles = 0.27 ha].

Área 3: mar, arroyos o lagunas [valor desconocido]; pajonal (cortaderas) [18 pixeles = 1.62 ha]; duna desértica [143 píxeles = 12.87 ha] y arena húmeda [104 píxeles = 9.36 ha].

La zona de mar incluida en la reserva no se representa en este análisis ya que la ley indica que el límite marino se encuentra a los 5m de profundidad. El recorrido a campo de la reserva demostró que la misma solo contiene la zona de playa (montículos de arena activos, bermas, arena húmeda, plataforma de abrasión), algunos sectores de estepa de *Spartina*, y la franja de mar. Los pixeles clasificados como pastizal y estepa, pastizal (*Polypogon*), laguna, pinos y matorral constituyen errores de la clasificación, al igual que los clasificados como Pajonal (cortaderas). Posiblemente estos pixeles corresponden con estepas de *Spartina* o la planicie de abrasión marina.

3.5 Discusión

Se clasificaron dos regiones de la costa pampeana, las dos correspondientes a barreras medanosas, BMO y BMA. La clasificación de coberturas CORINE fue útil para analogar las clases obtenidas a las clases utilizadas en Europa.

Los resultados llevan al rechazo tanto de la hipótesis nula 1 como la 2, presentadas en la introducción. Se encontró que las diferentes secciones de las regiones de dunas costeras pampeanas identificadas en el capítulo 2, no poseen los mismos tipos de parches. Las dos regiones y los paisajes que contienen difieren tanto en extensión de parches (superficie ocupada por cada tipo de cobertura) como en identidad de los mismos (clases de cobertura obtenidas). También se encontró que no todas las clases de cobertura presentes en cada paisaje están representadas en las reservas presentes en éstos.

3.5.1 Clasificación de coberturas de las dunas costeras bonaerenses

Es posible realizar una síntesis para toda el área considerada en el estudio, observando que, en principio, las clases se encuentran en general asociadas a cinco

tipos de ambientes diferentes: 1) cuerpos de agua, 2) comunidades desérticas psamófilas-xerófilas (ya que la clase duna desértica suele mezclarse con estepa herbácea o mixta), 3) árboles, 4) comunidades higrófilas (ya que forman generalmente un mosaico difícil de discernir en la escala de paisaje, salvo raras excepciones), y 5) comunidades de leñosas nativas (es decir, matorrales y pastizales mixtos donde hay un alto porcentaje de subarbustos). Este último grupo puede estar subrepresentado ya que en muchas oportunidades se distribuye en franjas que no superan los 10 m de ancho y por ende se mezclan en la matriz de estepa.

La mayor riqueza de clases se encontró en la sección O de la región BMA (partido de Coronel Rosales). La mayor equitatividad y diversidad de clases se encontró en la sección CE de la BMA. La menor riqueza se encontró en la sección N de la BMO y la CO de la BMA, presentando ésta última los índices más bajos de diversidad y equitatividad de clases. Sin embargo la confirmación en campo de estas clasificaciones demostró que existe una alta complejidad en el patrón espacial de parches del paisaje de al sección C (región BMA), por lo tanto estos resultados deben ser interpretados considerando que la escala de trabajo subestima la complejidad estructural en paisajes que contienen mosaicos complejos de ambientes.

Las dificultades en distinguir ambientes en la escala de paisaje o bien homologar clases entre distintas secciones fueron variables, dependiendo de la clase. Varias veces fue fácil distinguir los pajonales de *Cortaderia selloana* del resto de las clases y homologarlos entre diferentes secciones. El caso de pastizales y estepas en cambio fue más difícil. Estos ambientes no presentan límites tan definidos entre sí y por ende fue muy difícil separarlos, salvo para el caso de estepas de *Spartina ciliata* ya que la misma se restringe a un determinado sector asociado a la línea de costa. Los diferentes matices de arenas (seca, húmeda, muy húmeda y con agua superficial) generaron ruido. Tal vez sea conveniente generar máscaras para estas clases y repetir las clasificaciones en investigaciones futuras.

Hubo algunas clases que no pudieron homologarse a ninguna clase de las demás secciones. Ese fue el caso del “marisma” de la sección C, región BMA, y del “pastizal de *Polypogon imbervis*” que solo se halló en la sección CO de dicha región.

3.5.2 Análisis de estado de conservación de la región de la BMO

Fisonomía del paisaje original en trabajos históricos

En 1967, Federico Vervoorst analizó las comunidades vegetales de la Depresión del Salado en un trabajo clásico de la fitogeografía argentina. Allí describe la vegetación de los “médanos costeros” de la región de la BMO (desde Cabo San Antoño hasta Mar

Chiquita). Vervoorst indica que los médanos han avanzado sobre la "vegetación primitiva (hunquillares, espartillares)" y que "detrás de los médanos (se han formado) lagunas y cañadas, donde se establecen juncales, totorales, españadales, praderas húmedas y saladas." Este investigador observó el mosaico formado por las dunas y sus bajos interdunales, asignando a los bajos la denominada vegetación primitiva y a los médanos una "vegetación muy característica" en la que no se detiene más que para mencionar algunas especies representativas como *Panicum racemosum*, *Spartina ciliata* y *Androtrichum digynum* (esta última no aparece en los registros actuales pero se presume que corresponde a *A. trigynum*) y para elaborar un perfil esquemático de la zona.

Ángel Cabrera, por otra parte, realizó varios estudios en profundidad sobre la vegetación de las dunas costeras en Buenos Aires, desde la década del '30. En particular en lo que respecta a la región BMO registró las comunidades de San Clemente del Tuyú (sección N) y Ostende y las dunas de Juancho (sección S), donde reconoce cuatro "estaciones":

1) la vegetación de las dunas vivas secas, con una formación desértica dominada por *P. racemosum*, *S. ciliata* y *Calycera crassifolia*;

2) vegetación de la depresiones intermedanosas, donde la vegetación cubre el 50% de la superficie y el suelo está desprovisto de humus, a las especies anteriores se le suman *Androtrichium montevidense* (actual *Androtrichum trigynum*) y *Tessaria absinthioides* entre otras;

3) vegetación de las dunas semifijas, en el "segundo ciclo de dunas", con suelo algo humífero, donde encuentra especies psamófilas y otras mesoxeróflias, entre las que menciona a *Cortaderia dioica* (con la cual hace referencia en realidad a la actual *C. selloana*), *Poa lanuginosa* y un elenco de herbáceas y subarbustos nativos; y

4) vegetación de las depresiones muy húmedas y charcas, donde el agua se encuentra a pocos centímetros de la superficie del suelo permitiendo una vegetación más densa, donde dominan las ciperáceas acompañadas por juncos (Cabrera 1936, 1941).

A continuación se analiza de qué manera el paisaje actual se correspondería con el descripto por los mencionados autores.

Estado actual de la sección N

Todas las clases definidas para la sección N de la región BMO presentan indicios de modificación antrópica. La zona de playa presenta en varios sectores geoformas

erosivas inducidas por el manejo inadecuado de los sedimentos (Codignotto et al. en prensa), las dunas desérticas se encuentran impactadas por el tránsito vehicular y en muchos casos han perdido la morfología original. La arboleda laxa constituye en sí misma una clase generada por la acción humana ya que se trata en su gran mayoría de árboles y arbustos exóticos que han invadido el pastizal nativo. De igual manera se llamó "terreno raso" a una clase originada enteramente por actividad humana, la cual consiste sectores arrasados por topadoras y otras áreas con modificaciones similares. Estos resultados concuerdan con los estudios de Faggi y Dadon (en revisión) que encontraron asimismo que la vegetación se modificó en la costa de dunas pampeanas en la cercanía a los balnearios en los últimos 70 años, y asocian ello a los disturbios causados por las actividades turísticas.

El resto de la clases, aunque presentan signos de deterioro por tránsito vehicular e introducción de especies exóticas, poseen aún una fisonomía en la que se reconocen componentes nativos acordes con las descripciones de Cabrera (1939, 1941) y Vervoorst (1967), pero la clase que ocupa la superficie más extensa (pastizal denso y con leñosas) se ha evaluado en un solo punto por lo cual requiere de mayor evaluación.

La reserva natural presente en esta sección (Reserva Municipal Punta Rasa) contiene en teoría todas las clases definidas, pero en una superficie total muy reducida. Sólo 12.06 ha de superficie de la reserva cayeron en la clase "pastizal denso" y 5.76 ha en clase "duna desértica", por ejemplo. La mayor parte de la reserva se constituye por el sustrato sumergido y la planicie arenosa, ambos ambientes de gran importancia para la actividad de alimentación de aves playeras. Los objetivos de esta reserva no contemplan la vegetación de la zona, pero tampoco la dinámica marina natural del área, siendo ésta de suma importancia regional al consistir en una espiga en gancho que recibe el impacto del oleaje del sudeste que, de no existir, recibiría la frágil planicie de mareas de Samborombón.

Estado actual de la sección S

La sección S de la región BMO, en cambio, presenta un conjunto de clases con un grado mayor de correspondencia con la dinámica geomorfológica nativa. La playa, la estepa desértica (comprendida dentro de la clase "estepa desértica y pastizal laxo") y el desierto de dunas, corresponden a la vegetación de dunas vivas mencionada por Cabrera (1939, 1941), así como el pastizal laxo y estepa herbácea corresponden a la vegetación de las depresiones intermedanosas mencionadas por el autor. El pastizal de *Imperata brasiliensis* correspondería a los bajos húmedos mencionados si bien éste

no incluye a esa especie como dominante en la zona. Y los pajonales de *Cortaderia selloana* en conjunto con el pastizal denso y la estepa mixta (comprendida esta última dentro de la clase "estepas mixtas y herbáceas") corresponden legítimamente con la vegetación de dunas semifijas identificada por Cabrera. Existe entonces una sola clase que no se correspondería con la fisonomía original, que la de pinar y acacias. La misma constituye un ambiente generado por la invasión de especies exóticas, lo cual constituye la principal amenaza actual a la conservación de la biodiversidad de la reserva de Mar Chiquita. En el caso de la reserva Faro Querandí, existe también un alto grado de riesgo de expansión de la invasión de exóticas pero el registro de una alta densidad de vehículos constituye un factor más alarmante contra la integridad de todas las clases de cobertura identificadas, exceptuando justamente la clase de pinos y acacias.

La superficie de ambas reservas contiene las 10 clases de cobertura terrestre definidas para esta sección. El área de la reserva de Faro Querandí comprende en su mayoría pixeles clasificados como "estepa mixta y herbácea", "duna desértica" y "pajonal (cortaderal)". Esta reserva no incluye la zona de playa. La reserva de Mar Chiquita también contiene coberturas mayoritarias de dichas clases, pero en cambio abarca también la zona de playas y posee un alto número de pixeles clasificados como "pinar y acacias" (385.38 ha).

3.5.3 Análisis de estado de conservación de la región de la BMA

Fisonomía del paisaje original

Los datos acerca de la fisionomía del paisaje de la región austral de Buenos Aires son muy escasos. Darwin exploró el sector correspondiente a Farola de Monte Hermoso (al oeste de Pehuen-có, sección CO de la región BMA) y se dirigió hacia el norte (hacia la llanura pampeana) y el oeste (hacia Bahía Blanca) en diferentes oportunidades (Quatroccio et al. 2009), cruzando el río Sauce Grande en el norte, pero sin entrar en el sitio donde actualmente se encuentra el balneario Monte Hermoso. Según Daíno (1979) en su estudio acerca de los hallazgos arqueológicos en la costa pampeana, los naturalistas que formaban parte del equipo de Florentino Ameghino recorrieron la costa austral hasta la desembocadura del Río Quequén Salado, sin aventurarse a ir más allá. De esta manera los primeros estudios realizados por naturalistas evadieron el sector comprendido por los actuales Partidos de Monte Hermoso y Coronel Dorrego. Posteriormente varios estudios se efectuaron en la zona costera de Monte Hermoso, pero en la actualidad la vegetación de la costa de dunas

de Coronel Dorrego sólo cuenta con los estudios publicados por Celsi y Monserrat (2008b) y Monserrat y Celsi (2009) que se enmarcan en este estudio.

Ángel Cabrera visitó la costa arenosa austral a partir de la década del '40, realizando un estudio fitosociológico basado en relevamientos de vegetación en las localidades de Miramar, Necochea, Monte Hermoso, Punta Alta y San Blas. Sin embargo Cabrera (1941) encuentra sólo tres asociaciones en las dunas australes:

1) Asocies de *Panicum urvilleanum* y *Plazia argentea* (actual *Hyalis argentea*), característica de dunas vivas

2) Asocies de *Sporobolus rigens* y *P. argentea* y

3) Consocies de *Cortaderia dioica* (actual *C. selloana*).

Dado que, por razones de logística, no se han realizado observaciones en campo de las secciones E y O[3], se procede a continuación a evaluar el estado de conservación de las secciones centrales de la región BMA comparando los resultados encontrados con la bibliografía histórica.

Estado actual de la sección CE

En la sección CE de la región BMA se encuentran presentes dos de las tres comunidades que menciona Cabrera (1941), aunque como bien indica el autor, *H. argentea* tiene una distribución limitada desde San Blas hasta el partido de Tres Arroyos, sin llegar a esta sección. Las estepas de *P. urvilleanum* representarían la primer asocie (sin *H. argentea*) y el pajonal de *C. selloana* la tercera. En lugar de la asocie de *S. rigens* con *H. argentea* aquí se encuentra en las geoformas fijas un pastizal denso con leñosas (el cual no pudo ser validado en campo, por lo que no se descarta que allí domine *S. rigens*, pero se identificaron especies de leñosas exóticas presentes en la zona correspondiente a dicha clase que podrían ser dominantes) y en las geoformas semifijas los pastizales de *P. urvilleanum* y los de *P. lanuginosa.* A pesar de poseer las especies nativas características de la zona, esta sección también posee dos clases de cobertura asociadas a la actividad antrópica: el "pinar" y el denominado "terreno raso". Ello sumado a las evidencias de erosión por deflación y al transito vehicular presente sobre las dunas en la zona (observación personal) conlleva a determinar a la zona como altamente vulnerable de pérdida de biodiversidad e

[3] La sección E presenta sectores de dominio privado y difícil acceso en toda su extensión, para los cuales no se consiguió permiso de ingreso; la sección O es de dominio militar y, según dictamina la cartelería presente en el área lindante con la sección CO, su territorio constituye un campo minado.

integridad de los ecosistemas. La existencia de una reserva en el partido de San Cayetano es altamente favorable, y sería de gran utilidad su manejo se hiciera efectivo. Esta reserva contiene hipotéticamente todas las clases de cobertura definidas para la sección, aunque su extensión es reducida (ninguna clase supera las 200ha). Las clases mejor representadas dentro de la superficie serían pastizales de *Poa lanuginosa* y duna desértica (incluyendo playas en esta clase). Pero esta reserva posee en su interior terrenos de dominio privado, los cuales seccionan el área de la reserva ocupando su franja central. Esa franja, que es la correspondiente a las dunas frontales, contiene en su mayoría pastizales (de varios tipos) y dunas desérticas. Esta característica necesariamente deberá ser contemplada con medidas de manejo apropiadas, incluyendo tal vez una categoría diferente de manejo para esa zona pero sin desatender el hecho de que su conservación es clave para el funcionamiento de la reserva como tal.

Estado actual de la sección C

Esta sección posee una compleja estructura de ambientes que no se representan claramente en la clasificación. En particular en la zona de Coronel Dorrego el nivel de conservación de la geomorfología (ie: las geoformas y los procesos que las originan) original es extraordinariamente elevado. De las comunidades mencionadas por Cabrera, encontramos que la clase “duna desértica, con estepas herbáceas” incluiría al tipo de asociación *P. urvilleanum- H. argentea*, mientras que los sectores de “estepa mixta y matorral” contendrían a la segunda asocie (*S. rigens - H. argentea*) aunque *S. rigens* no domina en las geoformas fijas. Por último la consocie de *C. selloana* forma un mosaico con juncales en la clase “pajonal (cortaderal y juncal)”. A los elementos identificados por Cabrera para el paisaje de dunas australes, en la sección C pueden sumarse aun más elementos, como el “marisma salada y pastizal higrófilo” y el “totoral y pastizal” con *Imperata brasiliensis* como especie dominante en este último. Estas comunidades, si bien no se desarrollan sobre el cuerpo de las dunas son ambientes que forman parte constitutiva del paisaje de dunas costeras en esa sección. A su vez, existe un pastizal menos denso que no ha podido ser validado en campo y que podría contener otras asociaciones aún no descriptas. Por otra parte, en esta sección también se encuentran parches dominados por pinos, representando nuevamente una amenaza para la biodiversidad local, aunque cabe destacar que en esta sección estos parches son muy escasos (para un análisis del impacto potencial de forestaciones en esta zona véase Urquiza en preparación).

Si bien se propuso la creación de un Área Protegida Provincial en esta sección, el pedido fue desatendido. Existen tierras de dominio fiscal en la franja de dunas que

bordea a la playa, lo cual hace aún más propicia la propuesta. De todas maneras, considerando el nivel de complejidad del sistema de dunas de la sección, para garantizar la conservación de la biodiversidad de dicho paisaje sería necesario en primer lugar incluir los elementos del mismo que se encuentran en toda la sección.

Estado actual de la sección O

La sección O de la región BMA posee también una alta diversidad de ambientes donde se encuentran las asociaciones descriptas por Cabrera (1941). Las asocies 1 y 2 estarían contenidas dentro de la clase "pastizal y estepa herbácea", mientras que la consocie 3 estaría incluida en la clase "pajonales (cortaderales) y totorales". A su vez se encontraron clases adicionales con características correspondientes a la dinámica natural del paisaje, estas son "duna desértica", "paztizal (*Polypogon imbervis*)", "estepa de *Spartina ciliata*" y el "matorral" de *Hyalis argentea* o *Discaria americana*. Por otra parte esta sección contiene lagunas con vegetación palustre nativa, las cuales constituyen parte integral del sistema de dunas, si bien no forman parte del cuerpo de las dunas en sí. La única clase que resultó netamente no nativa fue la de los pinares, correspondiente a grupos de árboles exóticos invasores.

Si bien en las secciones C y CO se encuentra ubicada la reserva paleontológica "Pehuen-có- Monte Hermoso", la misma abarca únicamente el sector de playa y mar. Los píxeles correspondientes al área de esta reserva que no fueron clasificados como mar, estepa de *Spartina ciliata*, duna desértica (ya que esta clase suele incluir montículos de arena ubicados en la playa distal o bermas) o arena húmeda, son errores de la clasificación. Esta reserva fue diseñada con el objetivo de proteger el yacimiento de paleoicnitas que se encuentra por debajo de las arenas de la playa y dunas, pero desafortunadamente no contempla la conservación de la diversidad del paisaje de la zona. Este tipo de problema es similar al que enfrentan la costas de México en donde, si bien poseen 59 áreas naturales protegidas en sus costas, gran cantidad de las mismas tiene como objetivo definido el proteger nidos de tortugas, con lo cual sólo abarcan una estrecha franja de playa (Moreno-Casasola 2004).

3.5.4 Dificultades de la clasificación

A partir de los resultados obtenidos es posible realizar un análisis comparativo de las coberturas de las dos regiones estudiadas y sus secciones. Para poder hacer una evaluación de su estado de conservación o del valor ecológico que contiene cada

paisaje estudiado, sin embargo, es preciso enriquecer los resultados con las observaciones efectuadas en campo. Por ejemplo, el sector CO de la región de la BMA arrojó una baja diversidad de coberturas y la mínima riqueza encontrada. Sin embargo esto tiene que ver con que cada clase contiene a su vez un mosaico de comunidades, como puede apreciarse en la figuras 3.11 (y también en la figura 5.19 del capítulo 5 de este trabajo). La heterogeneidad en la escala de paisaje en este caso no refleja la heterogeneidad encontrada en campo. Las diferentes clases no son igualmente ricas en componentes, siendo algunas clases notablemente más heterogéneas que otras. Esto se debe a que la escala de poco detalle obliga a fusionar grupos que forman mosaicos complejos y por lo tanto enmascara gran parte de la diversidad de ambientes presentes. Con el fin de salvar este problema, más abajo se presenta una evaluación del estado de conservación de cada sección validada en campo.

Se observó que las clases que corresponden a humedales están sobreestimadas porque muchas veces incluyen partes de mar y otros cuerpos de agua que no contienen vegetación. Por otra parte, la zona de arena húmeda del borde de playa muchas veces fue erróneamente clasificada como pastizal o matorral. Estos errores están asociados con el tipo de muestra tomada para identificar cada tipo de ambiente, ya que en general se tomaron pocas muestras en campo de matorrales y pastizales. La incorporación de más puntos de campo para la identificación de estas clases permitiría definir mejor las mismas. Asimismo, debería realizarse un muestreo más amplio de la región para incorporar otras clases, sobretodo tierra adentro del borde marino, y permitir así una clasificación más fina.

Otra debilidad de la clasificación subyace en que muchos ambientes se encontraban conformando mosaicos heterogéneos en campo, cuyos parches no superaban los 15 m de longitud o ancho. Esto se hizo notable en el sector C de la región BMA, donde la heterogeneidad observada en campo no pudo ser trasladada a la clasificación, debiendo considerarse los mosaicos en sí mismos como clases. En este caso no se trata de un error de muestreo o propio del algoritmo, sino de una limitación propia de la escala regional de trabajo.

Por último, cabe notar que algunas clases son muy poco exactas. En particular es poco confiable la franja más oriental de la imagen procesada en la sección C de la región BMA. Allí se observa un abrupto cambio de clases en una línea que se corresponde con la unión del mosaico de las imágenes originales, con lo cual es altamente probable que ello corresponda a un artificio. Dado que no se poseen datos de campo de esa franja de la imagen ello no pudo ser corregido. Al respecto, cabe citar las palabras de Cihlar (2000):

"Ningún proyecto de clasificación de cobertura del terreno está completo sin una evaluación de exactitud. Además de consideraciones puramente metodológicas, la estimación de exactitud tiende a ser fuertemente restringido por los recursos disponibles. Así, en la práctica, la evaluación de exactitud es probable que permanezca como una cuestión de compromiso entre el ideal y el alcanzable, o *debe ser encontrado el balance entre lo que es estadísticamente bueno y lo que es alcanzable en la práctica*".

La clasificación presentada en este capítulo es sólo una primera aproximación a un trabajo que deberá continuarse y actualizarse constantemente. Por ejemplo, es importante continuar el estudio cuantificando la estructura del paisaje, definiendo para cada sitio un índice de fragmentación del paisaje en cada clase, evaluando el tamaño y forma de los parches de cada tipo de ambiente y la riqueza de contactos entre diferentes clases de parches en cada sitio. El programa utilizado en este estudio no permite este tipo de cálculo pero se sugiere incluir estos parámetros en futuras investigaciones. Si bien es totalmente mejorable, consideramos que a pesar de las debilidades encontradas en la clasificación presentada, ésta contiene valiosa información que servirá de puntapié inicial para futuras investigaciones.

3.6 Conclusiones

La clasificación ISODATA permitió identificar diferentes tipos de ambientes en cada región y sus respectivas secciones, con la excepción de la región MdP, donde la superficie a analizar fue demasiado reducida para la escala de trabajo de este estudio. La clasificación de coberturas CORINE fue útil para analogar las clases obtenidas a las clases utilizadas en Europa. Las clases definidas en general, salvo dos excepciones, pueden asociarse a cinco tipos de ambientes: 1) cuerpos de agua, 2) comunidades desérticas psamófilas-xerófilas, 3) árboles, 4) comunidades higrófilas y 5) comunidades de leñosas nativas.

Se encontró que las diferentes secciones de las regiones de dunas costeras pampeanas identificadas en el capítulo 2, no poseen los mismos tipos de parches. Las dos regiones y los paisajes que contienen difieren tanto en extensión de parches (superficie ocupada por cada tipo de cobertura) como en identidad de los mismos (clases de cobertura obtenidas). La mayor riqueza de clases se encontró en la sección

O de la región BMA (partido de Coronel Rosales). La mayor equitatividad y diversidad de clases se encontró en la sección CE de la BMA. La menor riqueza se encontró en la sección N de la BMO y la CO de la BMA, presentando ésta última los índices más bajos de diversidad y equitatividad de clases. Estos resultados deben ser interpretados considerando que la escala de trabajo subestima la complejidad estructural en paisajes que contienen mosaicos complejos de ambientes.

También se encontró que no todas las clases de cobertura presentes en cada paisaje están representadas en las reservas presentes en éstos.

Todas las clases definidas para la sección N de la región BMO presentan indicios de modificación antrópica. La reserva natural presente en esta sección contiene en teoría todas las clases definidas, pero en una superficie total muy reducida. La sección S presenta un conjunto de clases con un grado mayor de correspondencia con la dinámica geomorfológica nativa, y en sus dos reservas se encuentran las 10 clases de cobertura terrestre definidas en este trabajo.

La sección CE de la región BMA es altamente vulnerable a la pérdida de biodiversidad e integridad de los ecosistemas. La existencia de una reserva en el partido de San Cayetano es altamente favorable, pero posee problemas de ordenamiento territorial, sus recursos económicos y humanos son insuficientes y su superficie es reducida.

La sección C de la región BMA posee una compleja estructura de comunidades que no se representa claramente en la clasificación; la conservación de la geomorfología original es extraordinariamente elevada. Tanto en esta sección como en la sección O existe una alta diversidad de ambientes donde se encuentran las asociaciones descriptas históricamente. La única clase netamente no nativa fue la correspondiente a grupos de árboles exóticos invasores.

El manejo de los recursos naturales en la BMA resulta escaso, ya que si bien en las secciones C y CO se encuentra ubicada la reserva paleontológica “Pehuen-có- Monte Hermoso”, la misma abarca únicamente el sector de playa y mar, y la reserva “Arroyo Zabala” es necesaria pero insuficiente.

3.7 Figuras

Figura 3.1: Región BMO. Sección N. Costa Chica. Cortaderal bordeando montículos fijos/semifijos (pastizal denso); fondo un centro urbano. (Foto: Ana Monserrat. Diciembre 2008)

Figura 3.2: Región BMO. Sección S. Punta Médanos. Pajonal (con Cortaderal) al centro, duna desértica a la derecha y al fondo. (Foto: Ana Monserrat. Diciembre 2008)

Figura 3.3: Región BMA. Sector C. Coronel Dorrego. Estepa de *Spartina ciliata*. Al fondo se observa el mar. (Foto: Ana Monserrat. Marzo 2008)

Figura 3.4: Región BMA. Sector CO. Laguna interdunal (vegetada) rodeada por pajonal de cortaderas. Al fondo se observan parches de matorral. (Foto: Ana Monserrat. Enero 2005)

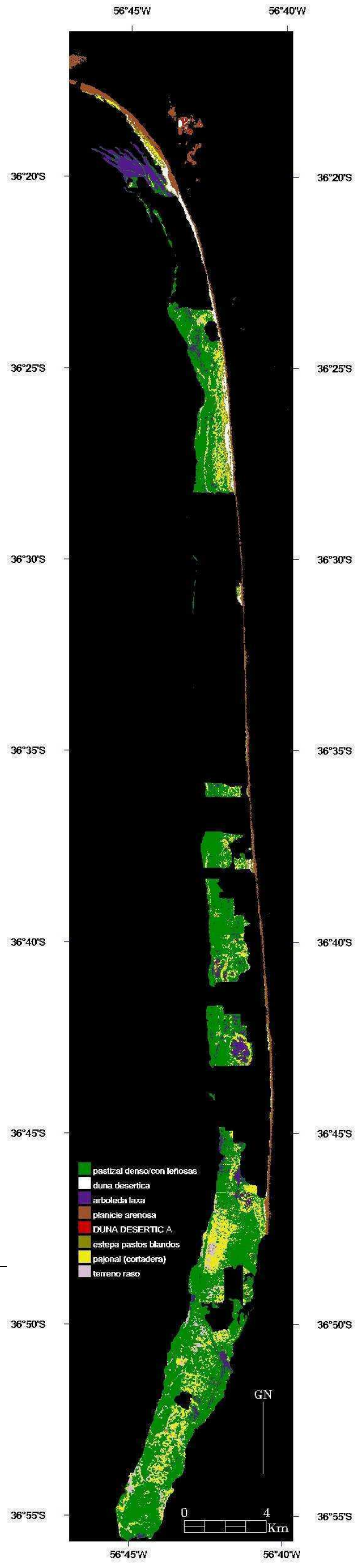


Figura 3.5 Mapa de las clases identificadas en la sección N de la BMO. [4]

[4] Los colores elegidos para las clases en los mapas siguen la siguiente regla:

Desiertos: blanco

Estepas: amarillos oscuros/magenta

Arena desnuda húmeda/estepa de *Spartina*: tierra

Pajonales higrófilos: rojos

Pajonal de cortaderas: amarillo claro

Pastizales: verdes claros

Matorrales: verdes oscuros

Agua: azules

Pinos y acacias: púrpuras

Otros: rosados

Figura 3.6: Mapa de las clases identificadas en la sección S de la BMO. Clases no validadas se indican con el mismo nombre que las clases análogas pero en mayúsculas.

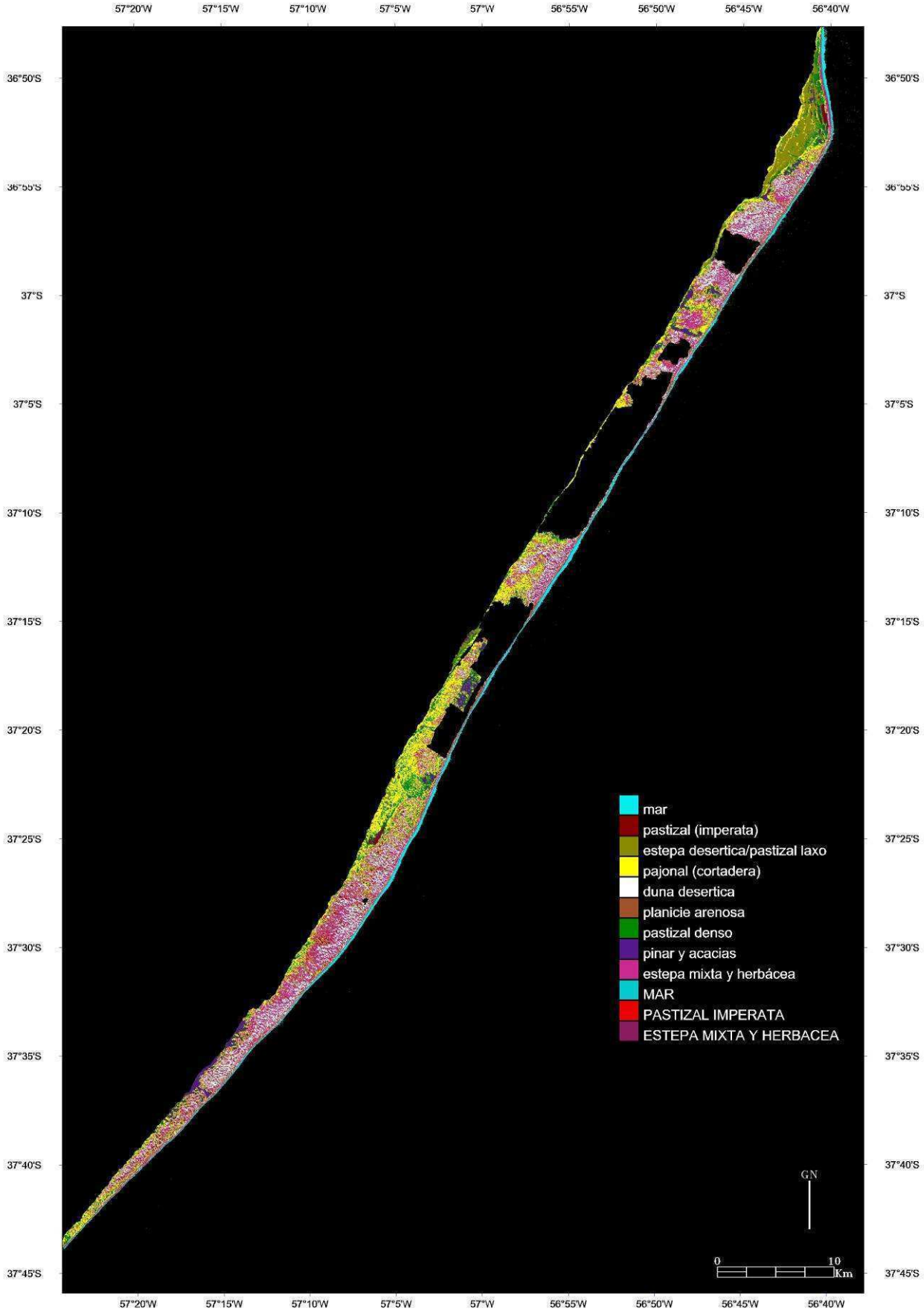


Figura 3.7: Mapa de las clases preliminares identificadas en la sección E de la BMA.

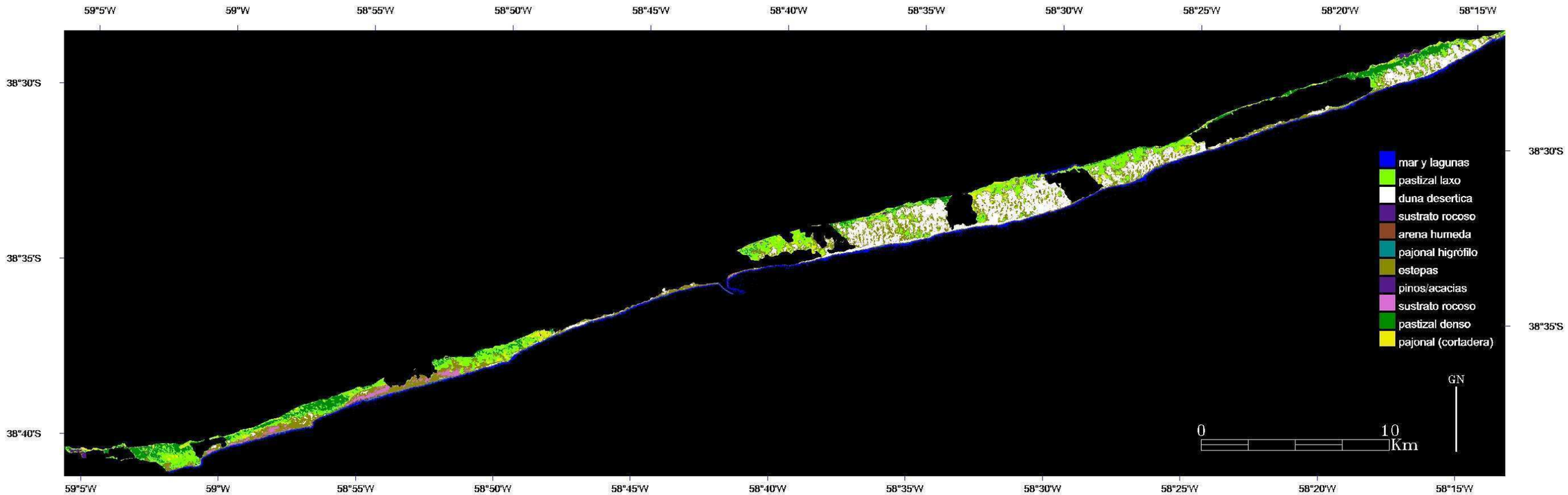


Figura 3.8: Mapa de las clases identificadas en la sección CE de la BMA. Clases no validadas se indican con el nombre en mayúsculas.

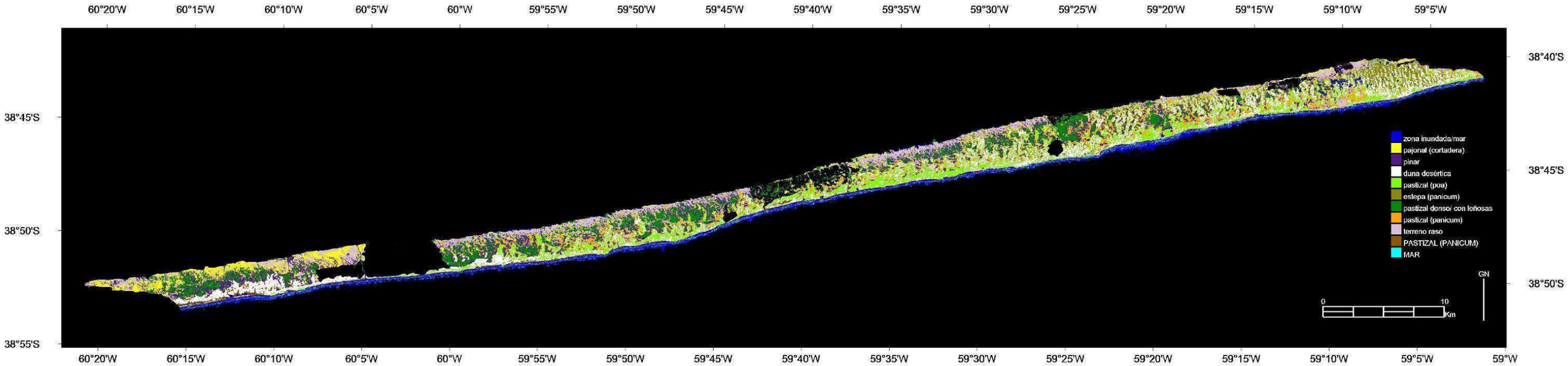


Figura 3.9: Mapa de las clases identificadas en la sección C de la BMA. Clases no validadas se indican con el nombre en mayúsculas.

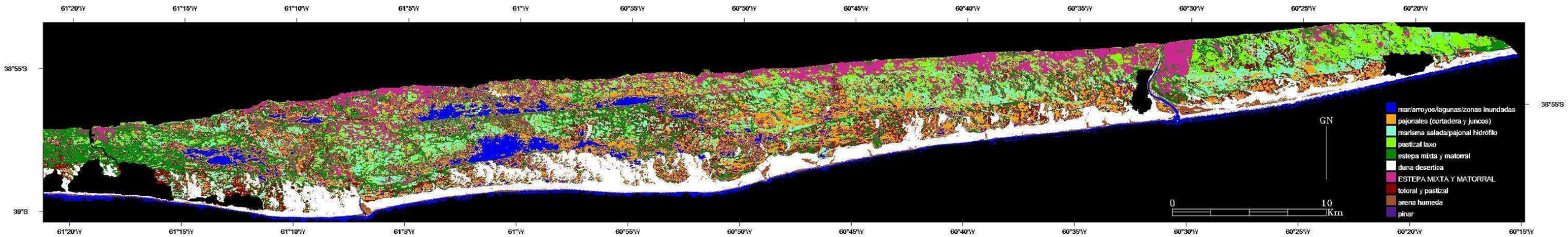


Figura 3.10: Mapa de las clases identificadas en la sección CO de la BMA. Clases no validadas se indican con el nombre en mayúsculas.

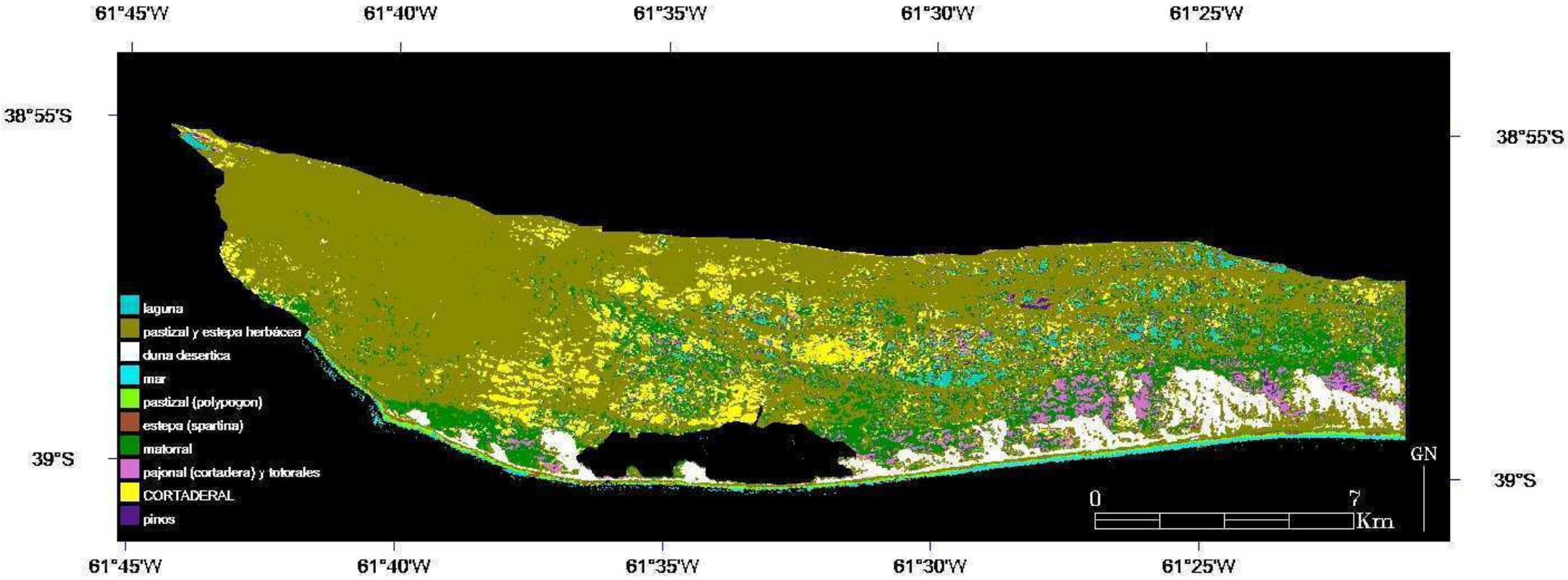
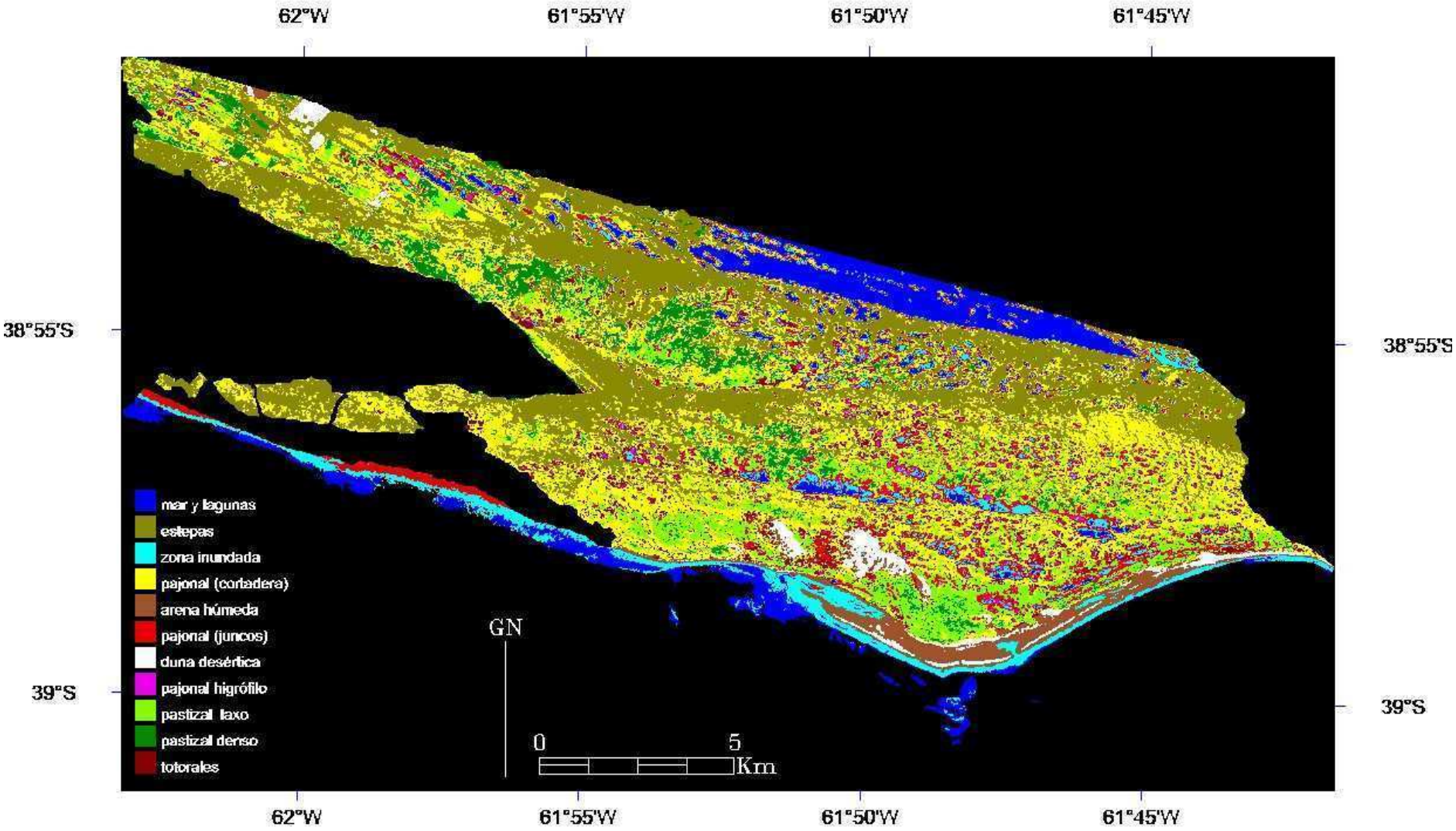


Figura 3.11: Mapa de las clases definidas para la sección oeste de la BMA.



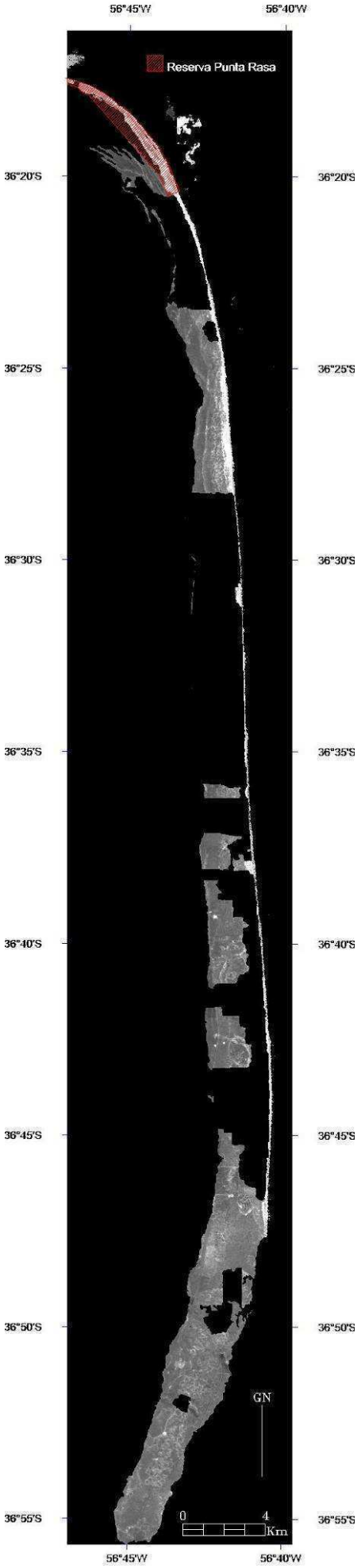


Figura 3.12. Ubicación aproximada de la Reserva Municipal "Punta Rasa" en la sección Norte de la BMO.

Figura 3.13. Ubicación de la a Reserva Municipal Faro Querandí y la Reserva Natural Provincial “Mar Chiquita” en la sección S de la BMO.

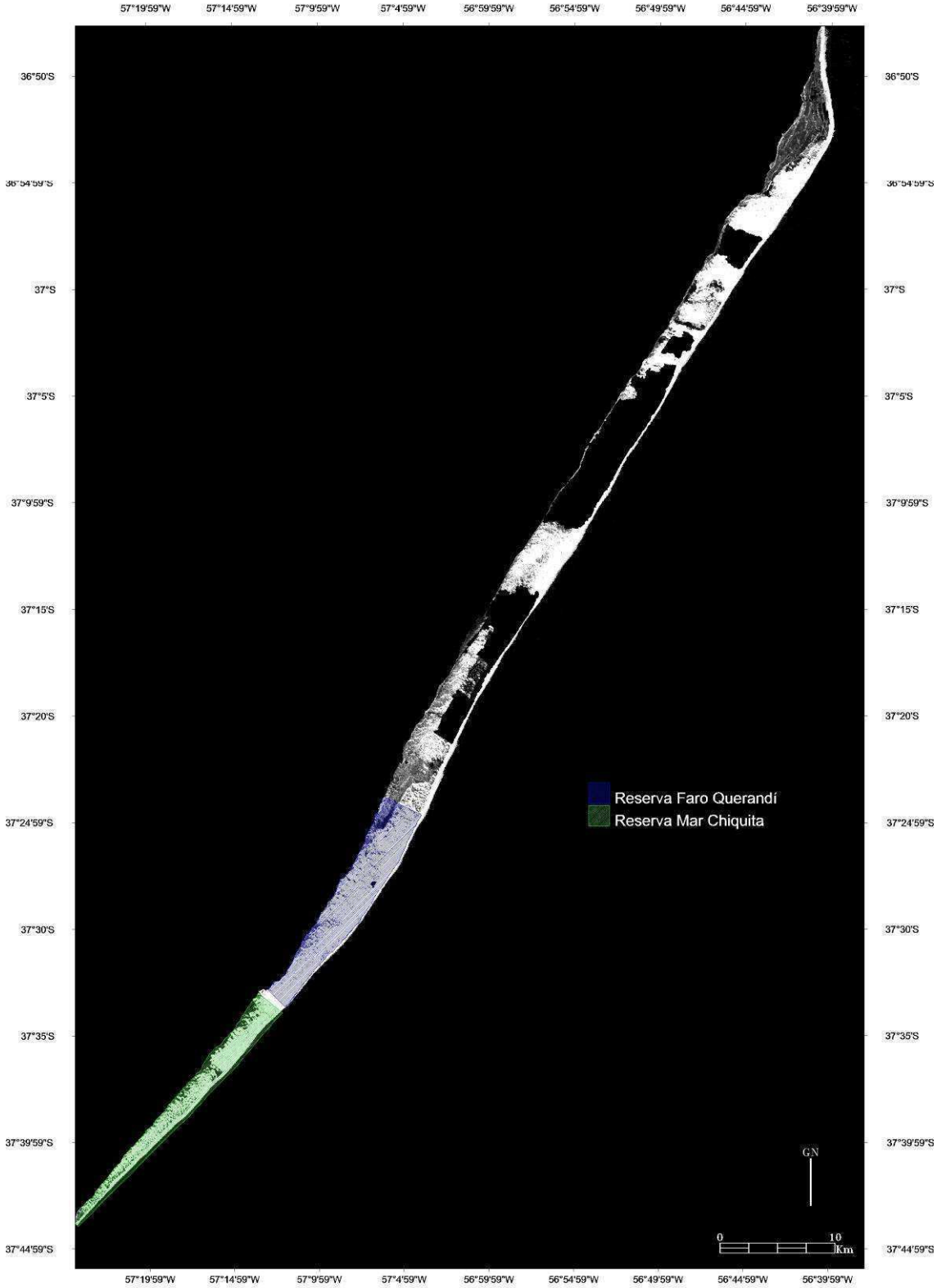


Figura 3.14. Ubicación de la Reserva Natural Provincial de Uso Múltiple “Arroyo Zabala” en la sección CE de la BMA.

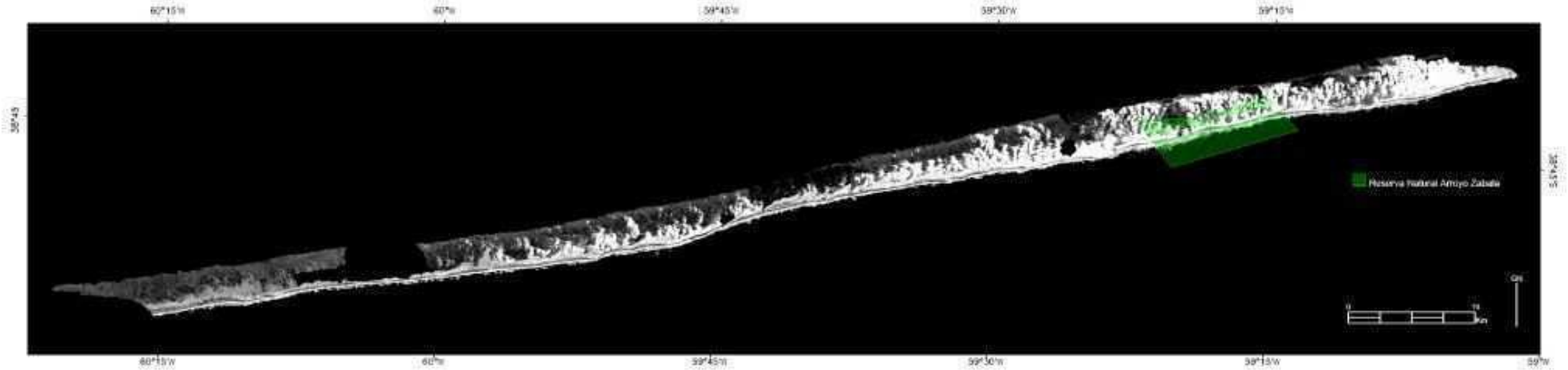
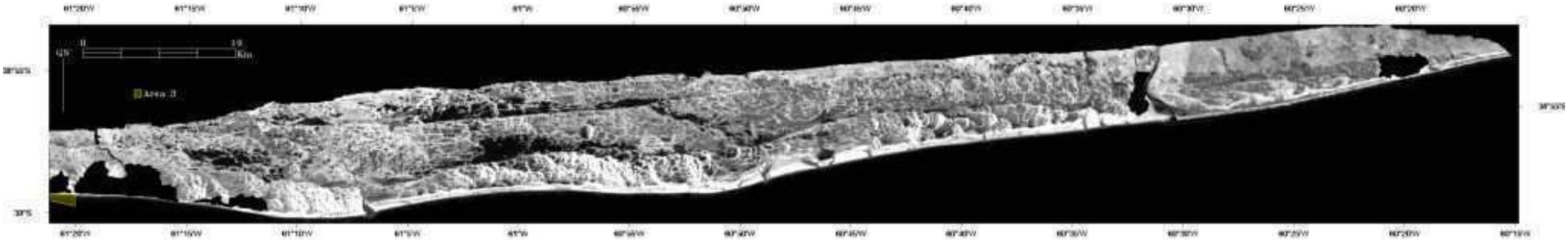
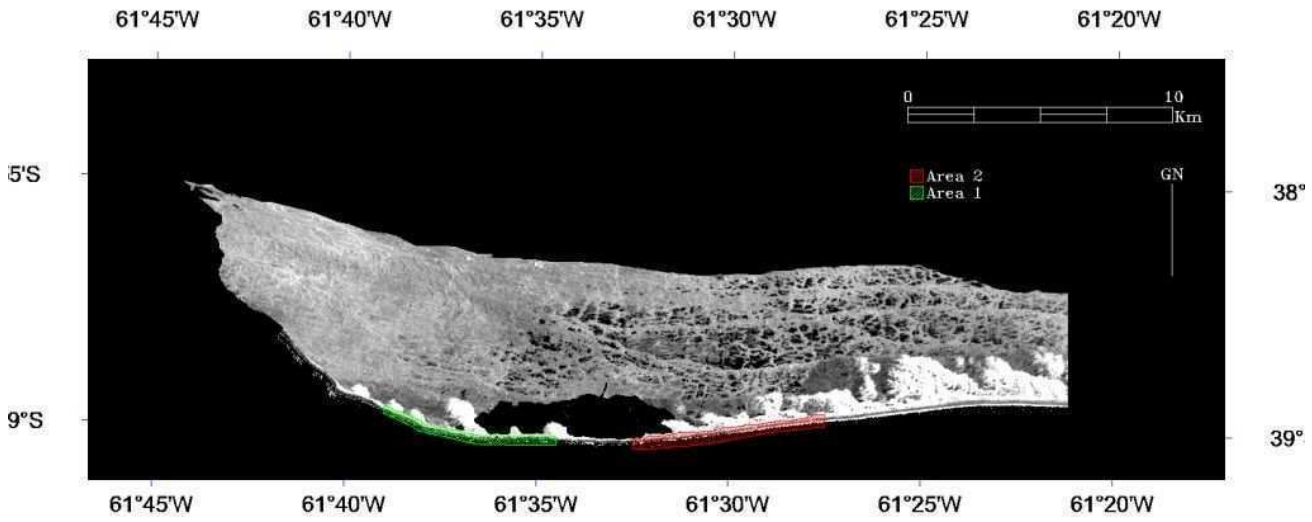


Figura 3.15. Ubicación aproximada de la Reserva Geológica, Paleontológica y Arqueológica Provincial “Pehuén Co-Monte Hermoso” en la región BMA.

Secciones C (arriba) y CO (abajo).





Módulo 2. Comunidades

Capítulo 4: Análisis regional de las comunidades vegetales de las dunas costeras pampeanas – unión de escalas de análisis

En este capítulo se determina la estructura y composición del paisaje de dunas costeras en la escala regional. Para ello se describe la flora norte y la flora austral mediante el análisis multivariado de distribución de coberturas de las especies en cada sitio muestreado y su relación con la geomorfología. Luego se discute el patrón regional general de la vegetación. Se reconocieron 130 especies de plantas vasculares (32 Familias), 51% de las cuales fueron nativas, 15 % exóticas y 15% endémicas, con el resto naturalizadas o no determinadas hasta nivel de especie. Predominaron las formas herbáceas sobre las leñosas. Las regiones se separan en función de su composición y estructura vegetal, legitimando así la identidad de las dos regiones propuestas en el módulo 1. La proporción de arbustos y subarbustos sobre herbáceas fue del doble para la región BMA respecto de la región BMO. Ello podría atribuirse a la presencia de geoformas fósiles en las secciones oeste de la región BMA o bien a la cercanía de la Provincia Fitogeográfica del Espinal. Los resultados sugieren que la vegetación en las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires sigue un patrón de distribución asociado en primera instancia a la geomorfología, donde se diferencian regiones florísticas discretas, y en segunda instancia a un gradiente biogeográfico, que implica el aumento de especies leñosas hacia el oeste (en la Región BMA).

4.1 Introducción

4.1.1 Integración de escalas

En la escala de paisaje, cuando la geomorfología es el mayor condicionante de la dinámica regional, los procesos ecosistémicos suelen coincidir geográficamente con los procesos geomorfológicos, ya que cada ecosistema es, en este caso, un parche homogéneo dentro del paisaje. Pero los estimadores de los procesos ecosistémicos en la escala de paisaje que son influenciados por la heterogeneidad espacial son difíciles de obtener. Frecuentemente, el muestreo no puede ser hecho en la escala espacial apropiada, y los estudios pueden necesitar basarse sobre datos colectados con otros propósitos (Turner 1989).

Una manera de establecer relaciones confiables entre un ecosistema (o parche) y un proceso ecosistémico (o geomorfológico en este caso), es estratificando el paisaje en

zonas geográficas "relativamente homogéneas", donde ecosistemas similares (en este caso parches similares) se desarrollaron en sitios que poseen propiedades similares (Rowe 1962, citado por Bailey 1984). Sitios similares (es decir con la misma geoforma, pendiente, basamento y características de drenaje) puede ser encontrado en diferentes regiones climáticas. Dentro de la misma región, estos sitios presentarán las mismas comunidades vegetales, pero en otras regiones la vegetación será diferente. Así, cordones litorales en la región climática de la tundra contendrán arbustos de baja altura, mientras que playas en la región subártica usualmente poseerán un crecimiento denso de abetos negros (*Picea mariana*) o de pinos (*Pinus banksiana*) (Bailey 1984). Los suelos muestran tendencias similares, pues el tipo y desarrollo de las propiedades del suelo varían de región a región, en sitios similares en cuanto a su geomorfología. Siguiendo este razonamiento, si dos sitios de la costa bonaerense que posean características geomorfológicas similares tienen diferente vegetación, entonces perteneces a dos regiones diferentes, pero si estos sitios poseen la misma vegetación se puede afirmar que pertenecen a la misma región.

La definición de regiones ecológicas, zonas ecosistémicas, o ecorregiones, tienen al menos dos funciones importantes para el manejo de los recursos naturales. La primera, que un mapa de tales regiones sugiere sobre qué áreas pueden ser aplicados los modelos sobre procesos ecosistémicos derivados de experiencia y experimentación, sin demasiado ajuste. La segunda, que provee la estratificación geográfica necesaria para el diseño de programas de costo-beneficio de muestreo, para estimar estos procesos ecosistémicos (Bailey 1984). El abordaje de un estudio de comunidades vegetales con aspiraciones de integración a una escala regional requiere de un gran conjunto de datos colectados en diferentes puntos de la costa pampeana con el mismo método de medición y calidad de datos. Tal empresa intenta llevarse a cabo en el presente estudio.

4.1.2 Región Pampeana y sus floras edáficas

La costa medanosa de la pampa bonaerense se encuentra dentro de una zona de vida (*sensu* Morello 1995) caracterizada por poseer pastizales templados, denominada por varios autores como Provincia Pampeana (*sensu* Cabrera 1971) Pampas, o Distrito Pampeano. Pero las dunas costeras constituyen desde el punto de vista fitogeográfico un distrito independiente de la Estepa Pampeana (Cabrera 1941). Sus comunidades se definen típicamente como asociaciones edáficas (Cabrera 1971) y se han estudiado

tanto desde la ecología vegetal, en Punta Rasa (Faggi et al. 1997), Mar Chiquita (Faggi y Cagnoni 1991), Villa Gessel-Ostende (Cabrera 1936), Miramar (Cabrera 1940), Pehuen-có - Monte Hermoso (Celsi y Monserrat 2008a), Coronel Dorrego (Celsi y Monserrat 2008b), como desde su relación con la geomorfología en Mar Chiquita y Punta Médanos (Holtz 1995, Villanova et al. 2006), Pehuen-có y Monte Hermoso (Monserrat et al. 2006, Fontana 2004, Fontana 2005) y Coronel Dorrego (Monserrat y Celsi 2009) y su relación con los centros urbanos (Faggi y Dadon en revisión).

Los estudios sobre la ecología de las dunas costeras bonaerenses relacionados a la estructura y composición de sus comunidades vegetales, se han concentrado en general en estudios de escala local, sin buscar conclusiones a escala regional. Las excepciones las constituyen el trabajo en revisión de Faggi y Dadon, que estudian cómo han sido afectadas las comunidades vegetales de varios puntos de la costa bonaerense en cercanía a centros urbanos, y el mencionado trabajo de Ángel Cabrera, quien, en 1941, encuentra una notable la diferencia de asociaciones vegetales en la zona oriental de las dunas costeras de la Provincia de Buenos Aires comparadas con las de la zona austral. Esta diferencia entre floras indica que la vegetación de la costa pampeana varía en el espacio significativamente, pero resta saber si esa variación es gradual (gradiente latitudinal) o discreta (conformando auténticas regiones florísticas).

Por otra parte, Villanova et al. (2006) encontraron que las comunidades vegetales de la región oriental costera de Buenos Aires varían en el tiempo, en función de la evolución de las espigas de barrera, y por ende existe una asociación entre el tipo de vegetación en un determinado sitio y el nivel del mar. De esta manera queda evidenciado que existe una variación natural no solo espacial sino también temporal en la flora de la costa pampeana, la cual se encuentra directamente asociada a la dinámica geomorfológica de los sistemas costeros.

A su vez la Provincia Fitogeográfica Pampeana (o región biogeográfica) limita al oeste con la Provincia Fitogeográfica del Espinal, la cual se encuentra dominada por especies vegetales xerófilas, con formaciones de arbustales y herbáceas esclerófilas (Morello 1995, Cabrera 1971). Cabe esperar una influencia de esta Provincia en el oeste de la Provincia Pampeana, con una mayor representación de las especies xerófitas del Espinal o al menos un aumento en la proporción de especies leñosas en su sector adyacente al Espinal. Sin embargo esta aseveración no ha sido puesta a prueba anteriormente.

La hipótesis biológica que se propone a partir del análisis de los trabajos citados, es que la vegetación en las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires sigue un

patrón de distribución asociado en primera instancia a la geomorfología, donde se diferencian regiones florísticas discretas, y en segunda instancia a un gradiente biogeográfico que implica el aumento de especies leñosas hacia el oeste en la región austral (Región BMA, véase Módulo 1).

4.2 Objetivos

El objetivo general de este capítulo corresponde al objetivo particular 2 de la tesis: determinar la estructura y composición del paisaje de dunas costeras en la escala regional (continuar poniendo a prueba las hipótesis de la regionalización desarrollada en el módulo1).

Los objetivos específicos consisten en 1) describir la composición florística de la costa medanosa distinguiendo entre la flora de la región BMO y la de la región BMA, 2) analizar la distribución de coberturas de las especies en cada sitio muestreado y su relación con la geomorfología, y 3) discutir si el patrón regional general de la vegetación de la costa bonaerense se encuentra asociado en primera instancia a la geomorfología y en segunda instancia a un gradiente biogeográfico que implica el aumento de especies leñosas hacia el oeste, provocando que la región austral contenga más especies leñosas en proporción que la región oriental.

Para alcanzar dichos objetivos específicos, se indagará utilizando las siguientes hipótesis:

1 - La flora de la costa bonaerense se segrega en grupos discretos en función de las regiones geomorfológicas.

2- La vegetación en la región BMO posee formas de crecimiento en diferente proporción que la región BMA, presentando la primera menor proporción de leñosas que la segunda.

El enfoque de este capítulo es regional, ya que si bien el muestreo es realizado en escala local, los datos se integran para su análisis en función de los resultados del análisis regional presentado en el Módulo 1. De igual manera, en el capítulo siguiente (5) se comparan los diferentes sitios en función de sus comunidades vegetales.

4.3 Materiales y Métodos

El estudio contó con una parte de trabajo en campo donde se relevaron las comunidades de vegetación y otra parte donde se analizaron los datos de dichas comunidades mediante métodos estadísticos descriptivos y multivariados.

4.3.1 Diseño de muestreo

Se trabajó en parcelas de 10 x 10 m dispuestas a lo largo de transectas de 500-1000m de recorrido, perpendiculares a la línea de costa, en seis localidades de la costa de dunas pampeanas (figura 4.1). La disposición de estas unidades experimentales en transectas se realizó para abarcar el gradiente mar- continente lo mejor posible. Las transectas se estratificaron según los parches de ambiente que se consideraron homogéneos, y se dispuso una parcela en el centro de cada parche interceptado. Las transectas se ubicaron con una separación equidistante (excepto en Coronel Dorrego, donde la ubicación de las transectas fue variable por razones logísticas) abarcando áreas de muestreo de un total de 1 a 38 Km. de largo sobre la línea de costa respectivamente (tabla 4.1).

Tabla 4.1: Número y distancia entre transectas de muestreo en cada localidad relevada.

Sitio	**Número de transectas**	**Distancia entre transectas (Km.)**	**Línea de costa abarcada (Km.)**
Costa Chica	3	0.25	0.75
Punta Médanos	2	0.9	1.8
Mar Chiquita	4	4	16
San Cayetano	5	2	10
Coronel Dorrego	9	7.12 - 1.3	38
Pehuen-có – Monte Hermoso	4	3.6	14.4

En cada parcela se tomaron datos de ubicación desde su centro hasta la playa con GPS, del tipo de geoforma y los porcentajes de cobertura total y de cada especie vegetal presente[1]. Los datos de cobertura vegetal relevados en campo suelen tener sesgos de observación, por lo cual en cada cuadrante se tomaron los datos de cobertura desde dos ángulos distintos y se promediaron para obtener un valor menos sesgado por el ángulo de observación; asimismo, para poder agrupar las muestras sin aumento adicional de error se procuró que la persona que tomara las coberturas fuera siempre la misma (ie: se mantuvo error sistemático).

Se calcularon los porcentajes de especies para la zona de estudio en función de su forma de crecimiento y el índice de similitud de especies de Sørensen entre las dos regiones estudiadas (BMO y BMA), también llamado índice de Czechanovski cuando está expresado en porcentaje (Margalef 1974) según:

$$K: \quad 2C / (N1 + N2)$$

Donde **C** es el número de especies en común, **N1** es el número de especies en una región y **N2** el número de especies en la otra región. Este índice se eligió por su sencillez y uso difundido en la bibliografía (Margalef 1974).

4.3.2 Análisis Multivariado

Siguiendo a Johnson (2000) se ha elegido a los métodos multivariados como herramienta de análisis dado que se consideran extraordinariamente útiles para "ayudar a los investigadores a hacer que tengan sentido conjuntos grandes, complicados y complejos de datos que constan de una gran cantidad de variables medidas en números grandes de unidades muestrales". En este caso el gran número de variables lo constituyen las distribuciones de coberturas de la variada lista de especies de las floras costeras de la Provincia de Buenos Aires. De esta manera, el análisis multivariado se efectuó considerando como unidad de muestreo a las parcelas y como variables los porcentajes de cobertura de cada especie relevada.

Los datos de cobertura vegetal se transformaron en valores de "OTV" (valores transformados ordinalmente), según la escala ordinal de Van der Maarel (2005):

[0 – 0.5]→ 1; [0.5 -1.5]→ 2; [1.5 – 3]→ 3; [3 – 5]→ 4; [5 – 12.5]→ 5; [12.5 – 25]→ 6; [25 – 50]→ 7; [50 – 75]→ 8; [75<]→ 9

[1] Se utiliza el valor de cobertura vegetal como la superficie cubierta por la proyección sobre el suelo de conjunto del sistema de vástagos de todos los individuos de la especie (Braun-Blanquet 1979).

Para poder interpretar los datos en un programa de análisis multivariados se procedió a retransformar los datos en cobertura, despejando la misma de la fórmula propuesta por Van der Maarel (2007):

$$OTV = a \ln C + 2$$

Donde **OTV** son los valores ordinales, **a** es una constante que se fijó en 1.415 (Van der Maarel, 2007) y **C** es el valor de cobertura real estimado, que se despeja de la ecuación, y el cual puede superar el 100%.

Análisis de Componentes Principales (PCA), Agrupamiento (*Clusters*) y Especies Indicadoras

Todo el set de datos, exceptuando las parcelas con cobertura cero, se ingresó en el programa PC-ORD (MCune y Mefford 1999) para su análisis. Se efectuó un ordenamiento general de los datos con el fin de estudiar el patrón general de los mismos (análisis de componentes principales o PCA) y luego se realizó una clasificación de los mismos (análisis de agrupamiento o *clusters*) para delimitar grupos de cuadrantes y de especies utilizando como dato la salida del PCA. En la clasificación se incluyó todo el set de datos y luego se asociaron las geoformas, sitios y regiones a especies, ingresando los datos originales a un algoritmo de especies indicadoras (Dufrene y Legendre 1997). La significancia del análisis de especies indicadoras se puso a prueba mediante tests de Monte Carlo.

A continuación se explican detalles de los métodos estadísticos utilizados:

El análisis de componentes principales (PCA) permite indagar en la distribución de los datos de manera exploratoria, cribando los datos de variables. En este caso las variables a considerar serán los porcentajes de cobertura de cada especie encontrada en cada cuadrante, con lo cual este número de dimensiones de análisis es igual al número de especies totales halladas. El PCA permite concentrar las variables en un número menor, permitiendo analizar la distribución de los sitos en función de una reducida cantidad de componentes. La representación gráfica de estas componentes puede ayudar a identificar datos extremos (*outliers*) y analizar la distribución general de los datos (Johnson 2000, pág. 2). Para el análisis de los datos de los relevamientos el PCA no centrado se ha demostrado que resulta útil para detectar discontinuidades y esta es la mejor elección cuando los datos provienen de más de un grupo de relevamientos. Si existen dos o más grupos discontinuos en los datos habrá un

componente unipolar (que tiene solo valores positivos) por cada grupo (Matteucci y Colma 1982).

Las variables creadas por el PCA (coordenadas de las componentes principales o *scores*) pueden utilizarse como entrada en los programas de agrupamiento. Los programas de agrupamiento (*cluster analysis*) permiten agrupar series de datos según su similitud expresada en términos de distancia, de forma que los datos agrupados dentro de un mismo grupo (*cluster*) sean muy similares entre sí y diferentes de los demás. Así, se utilizaron las coordenadas de las seis primeras componentes principales como entrada para el análisis de agrupamiento, para el cual se escogió la distancia euclideana relativa. Esta medida permite valores negativos, y las coordenadas de lo cuadrantes (*samples scores*) obtenidas en el PCA que se usaron como dato en este análisis fueron en varios casos negativas. El método de agrupamiento utlizado fue el del vecino más lejano (*farthest neighbor*) debido a que éste tiene a hallar agrupamientos más compactos (Johnson 2000).

Análisis de correspondencia con extracción de tendencia (DCA)

Los valores de cobertura vegetal de las parcelas muestreados transformados en la escala ordinal y retransformados a cobertura según van der Maarel (2007) se estudiaron mediante un análisis de correspondencia. El análisis multivariado de correspondencia con extracción de tendencia (DCA) ofrece ejes expandidos que son fácilmente correlacionables con variables ambientales, por lo cual se eligió este tipo de ordenamiento para estudiar los datos, indagando acerca de lo posibles gradientes presentes dentro de cada sitio de la costa muestreado y la distribución de datos en cada tipo de geoforma estudiado. Sobre el conjunto total de datos se aplicó el programa DECORANA (dentro del paquete PCord) y se efectuaron correlaciones con las variables: cobertura total, riqueza, distancia al mar y largo del ambiente (longitud del parche).

A continuación se ofrece una breve explicación acerca del método estadístico:

El DCA (*detrended correspondence analysis; ie*: podría ser traducido como análisis de correspondencia con extracción de tendencia) es un ordenamiento CA (*correspondence análisis*) modificado. Las modificaciones son dos, una es la extracción de la tendencia que tienen los datos a presentar una distribución en arco (*arch effect*) que se provoca cuando el eje 2 es simplemente una distorsión cuadrática

del eje 1. La otra modificación es que los ejes en el DCA son reescalados en función de las coordenadas de las especies (*species scores*), y poseen como escala la desviación estándar del recambio de especies (*average standard deviation of species turnover* o SD), haciendo a este análisis más resistente a los datos extremos (*outliers*) y evitando la compresión de puntos en los extremos del primer eje, un problema característico del CA (ter Braak 1987).

El porcentaje de varianza explicado en la matriz de distancias evalúa cuan bien las distancias en el espacio de ordenamiento representan las distancias en el espacio no reducido (matriz original). Algunos métodos de ordenamiento proveen evaluaciones en su salida, como el porcentaje de varianza explicada en el PCA. Otros métodos de ordenamiento, como el DCA, no proveen de esas estadísticas. Para estos últimos, el programa PC-ORD recomienda el cálculo a posteriori de una evaluación de calidad de reducción de datos, en conjunto con una estimación de cómo se distribuye la varianza explicada entre los ejes primarios. Esta evaluación a posteriori se realiza calculando el coeficiente de determinación (r^2) entre las distancias en el espacio de ordenamiento y las distancias en el espacio original. Las distancias en el espacio de ordenamiento están medidas con distancia euclidiana y, dado que debe seleccionarse la medida de distancia más cercana al método de ordenamiento elegido, en el caso del DCA se utilizó la distancia euclidiana relativa para el cálculo de los coeficientes de determinación (McCune y Mefford 1999). Igualmente se estimó la cantidad de varianza absorbida por cada eje mediante el cálculo de la proporción entre el autovalor del eje y la inercia total.

4.4 Resultados

4.4.1 Resultados generales

En los 275 cuadrantes relevados fueron detectadas 130 especies de plantas vasculares, representando a 32 familias taxonómicas. Las familias Asteraceae y Poaceae resultaron mejor representadas, contando con el 34 y 19% de especies respectivamente (figura 4.2). Según la clasificación del catálogo de especies del Instituto de Botánica Darwinion (Zuloaga et al. 1994, Zuloaga y Morrone 1996, 1999), el 51% de las especies identificadas son nativas, al cual se le suma un 15% identificado como nativas endémicas y un 2% de especies naturalizadas,

contabilizando un 68% total de especies no invasoras. El porcentaje de especies exóticas identificadas fue del 15 %, igualando al porcentaje de especies endémicas de Argentina presentes en la zona de estudio. El restante 17% no pude ser determinando a nivel especie (figura 4.3). Se registró en general un amplio predominio de formas herbáceas (79%) sobre formas leñosas (21%, figura 4.4).

Los parches de vegetación homogéneos identificados tuvieron un largo promedio de 67 m y una distancia al mar promedio de 389 m. La cobertura total de vegetación promedio fue de 47% y la riqueza promedio de 7 especies, con un máximo de 24 especies en un cuadrante (tabla 4.2). Las geoformas más frecuentes fueron las dunas y montículos activos (34%, figura 4.5).

Tabla 4.2: Resumen de las características de los ambientes muestreados. Largo sobre transectas: longitud que mide el parche del ambiente sobre la transectas de recorrido. Distancia al mar: distancia desde el centro del parche hasta el inicio de la transectas, medida con GPS. CV total: Porcentaje de cobertura de vegetación total sobre la parcela central. Riqueza: cantidad de especies encontradas adentro de la parcela central.

Variable	Promedio	Máximo	Mínimo	Desvío
Largo sobre transecta (m)	67,13	543,00	4,00	83,22
Distancia al mar (m)	388,67	1407,50	5,00	290,45
Cobertura total (%)	47,36	100,00	0,00	37,94
Riqueza específica	6,56	24,00	0,00	4,83

En la playa distal sólo se encontraron 7 especies, todas herbáceas (*Spartina ciliata* y *Calycera crassifolia* con mayor frecuencia). La mayor riqueza se presentó en los bajos, donde se encontraron 91 especies, en su mayoría herbáceas (89%). La mayor cantidad de leñosas (arbustos y subarbustos) se registró en las geoformas fijas (dunas y montículos fijos y semifijos) donde se encontró un total de 85 especies, 21% de las cuales fueron leñosas. De todas maneras cabe destacar que el 27% de las especies de las geoformas activas resultaron ser leñosas también, incluso se registraron árboles (exóticos) eventualmente en dos ocasiones, ambas en geoformas activas (tabla 4.3).

Tabla 4.3: Distribución de especies en los diferentes tipos de geoformas según su hábito (forma de crecimiento). n = cantidad de especies.

Tipo de Geoforma	**Fijas**		**Activas**		**Playas**		**Bajos**		**Cordones**	
Forma de crecimiento	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Arbustos	8	9,41	3	6,82	0	0,00	2	2,20	2	5,88
Subarbustos	10	11,76	7	15,91	0	0,00	8	8,79	4	11,76
Árboles	0	0,00	2	4,55	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Herbáceas	66	77,65	32	72,73	7	100,00	81	89,01	28	82,35
Lianas	1	1,18	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Total	**85**	**100**	**44**	**100**	**7**	**100**	**91**	**100**	**34**	**100**

En la región BMO se determinaron 63 especies, mientras que en la región BMA se determinaron 98; ambas regiones compartieron sólo 31 de estas especies en común. Ello resultó en un índice de similitud de Sørensen de 0.385, es decir, las regiones comparten un 40% de la flora. Este patrón se mantuvo en cada tipo de geoforma, con un mínimo en las geoformas fijas en donde las regiones comparten tan solo el 34% de las especies y un máximo en las geoformas activas en donde las especies en común alcanzan el 45% (tabla 4.4)

La proporción de arbustos y subarbustos con respecto a formas herbáceas fue de 0,14 leñosas/herbáceas para la región BMO y 0,32 leñosas/herbáceas para la región BMA (figura 4.6). Es decir, la región BMA presentó una proporción del doble de leñosas que la región BMO.

En la región BMO se encontraron 5 especies nativas endémicas, 32 nativas no endémicas, 2 adventicias naturalizadas y 12 adventicias (el resto no categorizadas), lo cual implica una proporción de 3.08 más especies nativas que adventicias; la región BMA presentó una proporción aun mayor, de 4.63 más especies nativas que adventicias, con 18 especies nativas endémicas, 56 nativas no endémicas y 16 adventicias (figura 4.7).

Dentro de las especies registradas se encontraron cuatro catalogadas como taxón "vulnerable" según Delucchi (2006), estas son *Senecio bergii* Hieron., *Agrostis platensis* Parodi, *Schinus johnstonii* F. A. Barkley y *Adesmia filipes* A. Gray. Asimismo, se comprobó la presencia de dos especies endémicas de la región austral de las dunas costeras atlánticas: *Senecio bergii* y *Baccharis divaricata* Hauman (Long 2002, Zuloaga y Morrone 1999). Además, se confirmó la presencia de un arbusto cuya población bonaerense se encuentra en alto riesgo de extinción (Zalba y Nebbia 1999, Curino y Fachinetti 2004): *Neosparton ephedroides* Griseb (en peligro crítico según Delucchi 2006).

Tabla 4.4: Similitud de especies entre las regiones BM y BMA discriminando por geoforma. K = índice de Sørensen.

	Región BMO	**Región BMA**	**Especies comunes**	**K**
Playa	4	5	2	0,44
Activas	35	23	13	0,45
Fijas	39	66	18	0,34
Bajos	52	64	25	0,43
General	63	98	31	0,39

4.4.2 Análisis Multivariado

Análisis de Componentes Principales (PCA)

Se utilizaron 256 de los 275 cuadrantes para el análisis (19 cuadrantes se excluyeron por tener cobertura cero) y 132 especies (nótese que las mismas corresponden a 130 especies diferentes pero que, en la lista final, figuran 132 debido a que dos son de identificación dudosa, pudiendo corresponder a una u otra especie, ambas presentes en el set de datos; véase Anexo). Los 10 primeros ejes explicaron un 81% de la varianza (tabla 4.5). Los autovalores resultaron ser mayores que el autovalor de quiebre (*broken stick value)*, explicando un porcentaje mayor de varianza al esperado por azar (Johnson 2000), sin embargo la distribución de los datos sobre los ejes fue de difícil interpretación.

La dispersión de los datos en el PCA no resultó buena, aunque se advierte un patrón en las parcelas según la geoforma en la que están emplazados. La variabilidad contenida en los cuadrantes provenientes de cordones litorales-bajos entre cordones y

playas-planicies arenosas es menor que la contenida en aquellos provenientes de bajos interdunales y, sobretodo, de dunas fijas-semifijas y dunas activas. Las parcelas correspondientes a Coronel Dorrego (región BMA, sección C) se agruparon entorno al cruce de ejes, explicando muy poca de la variabilidad del total. Por otra parte se observó un fuerte patrón de alineamiento en arco, característico de datos en donde el eje 2 es una distorsión cuadrática del eje 1. Van der Maarel (1993) sugiere graficar el eje 3 para salvar este problema. Sin embargo la dispersión de datos sobre este último no facilitó la interpretación de los mismos sustancialmente. Los gráficos realizados obtenidos se presentan en el anexo.

Tabla 4.5: Resultados del análisis de Componentes Principales aplicado a todo el conjunto de datos. % Var.: Porcentaje de varianza explicada. % Var. acum.: Porcentaje de varianza explicada acumulada.

Ejes	Autovalores	% Var.	% Var. Acum.	Autovalor de quiebre
1	362216,41	24,95	24,95	60104,26
2	249281,64	17,17	42,11	49103,81
3	146623,27	10,10	52,21	43603,59
4	100137,21	6,90	59,11	39936,77
5	83526,20	5,75	64,86	37186,66
6	59344,46	4,09	68,95	34986,57
7	54673,69	3,77	72,71	33153,16
8	44244,03	3,05	75,76	31581,67
9	40909,29	2,82	78,58	30206,61
10	38880,34	2,68	81,25	28984,34

Análisis de Agrupamiento (*Clusters*)

El análisis de clusters efectuado sobre las coordenadas (*scores*) de las 256 parcelas arrojó quince grupos con una distancia relativa objetiva de 50%. El patrón de distribución de las parcelas en los quince grupos no resultó claro. Un gran número de parcelas del sitio Coronel Dorrego formaron grupos puros, es decir, formado exclusivamente por cuadrantes de ese sitio. Algunos grupos son asociables a la presencia de determinadas especies, como *Thypha* sp o a una riqueza de especies xerófilas mayormente alta pero se agruparon parcelas sin relación evidente. En cuanto a las geoformas las parcelas presentaron un patrón un poco más claro, sobretodo en lo que respecta a las geoformas fijas o semifijas y las playas, que caracterizan a dos grupos respectivamente.

En vista de este resultado confuso de agrupamiento, a posteriori se realizó el mismo análisis pero ingresando los datos originales en lugar de las coordenadas del PCA (figura 4.8). Si bien Johnson (2000) sugiere que la distancia euclidiana relativa es recomendable para todo tipo de agrupamiento, el coeficiente de Sørensen se considera especialmente útil en ecología de comunidades porque retiene mayor sensibilidad en grupos más heterogéneos de datos dando menor peso a los datos aberrantes (McCune y Mefford 1999), aunque requiere que los datos sean valores positivos. El método de agrupamiento en todos los casos fue el del vecino más lejano (*farthest neighbor*).

Como resultado se obtuvo un patrón mucho más claro de agrupamiento de sitios, con grupos puros formados por cuadrantes de Coronel Dorrego y Pehuen-có y un patrón aun más claro de asociación entre cuadrantes ubicados en el mismo tipo de geoformas. A una diferencia del 50% entre grupos, se conformaron 39 grupos. Algunas parcelas, 9 en total, fueron aisladas conformando grupos unitarios.

En el gráfico de la figura 8 se observa cómo se agrupan las parcelas en la mayoría de los casos coincidiendo en el tipo de geoformas. Los grupos 1, 10, 20, 21, 22 y 39 son prácticamente todos correspondientes a parcelas ubicadas en geoformas activas. Las parcelas correspondientes a dunas no activas contienen baja cobertura (en particular el bajo presente en el grupo 39, MCh9, es un bajo que solo contiene 3% de *Calycera crassifolia*). En oposición, los grupos 2, 4, 26, 27, 28, 32 y 35 contienen alta cobertura de vegetación, mayormente higrófila, asociada a bajos interdunales (en el grupo 32 aparece MCh21, parcela de geoforma activa, pero se ubica en un montículo de baja altura cercano a la humedad subterránea, por lo que contiene especies altamente dependientes de la humedad). El grupo 29 que contiene parcelas tanto de bajos como

de cordones, las parcelas correspondientes a cordones son de bajos entre cordones. Las comunidades xerófilas de geoformas fijas o semifijas se agrupan mayormente en los grupos 6, 9, 11, 13, 14, 17, 18 y 19. Las playas y planicies arenosas están contenidas mayormente en los grupos 36 y 37. La parcela CD57, clasificada como "playa" constituye en verdad una planicie de arena elevada con alta cobertura vegetal de especies higrófilas y halófilas, y ésta se agrupa en conjunto con parcelas provenientes de bajos y geoformas fijas con vegetación mesoxerófila y un estrato bajo compuesto por especies higrófilas (véase capítulo 5, sección de resultados de Twinspan para Coronel Dorrego, comunidad b).

Con respecto a los sitios, no presentan un patrón de clasificación claro. Excepto por los grupos 9 y 29 que contienen más de 3 parcelas todas del mismo sitio (Coronel Dorrego), los demás grupos de más de 3 parcelas contienen más de un sitio.

Análisis de Especies Indicadoras

Los resultados para el análisis de especies indicadoras fueron claros para distinguir entre regiones, no así para distinguir entre sitios o geoformas. Las listas de especies con su valor **p** para este análisis se encuentra en el anexo.

Del total de 130 especies diferentes identificadas dentro de los muestreos, 35 resultaron significativas con error del 5% para el análisis de especie **indicadora de región**, y de ellas 14 resultaron altamente significativas (con error del 0.1%). Así, las indicadoras altamente significativas para la región BMO fueron *Equisetum giganteum*, *Polygala cyparisias*, *Cackile maritima*, *Androtrichum trigynum*, *Senecio crasiflorus* y *Panicum racemosum*, mientras que *Hyalis argentea*, *Senecio bergii*, *Sporobolus rigens*, *Panicum urvilleanum* y *Tessaria absinthioides* resultaron indicadores altamente significativos de la región BMA.

Por otra parte, el análisis para **indicadoras de sitio**, 27 especies resultaron significativas ($p < 0.05$) y 17 altamente significativas ($p < 0.001$). Para cada sitio, las especeis indicadoras con alta significacia resultaron ser:

Costa Chica: *Senecio crasiflorus, Daucus pusillus* y *Baccharis genistifolia*; **Punta Médanos**: *Melilotus albus, Carduus acanthoides, Conyza primulifolia*, *Androtrichum trigynum*, *Equisetum giganteum*; **Mar Chiquita:** *Polygala cyparissias, Panicum racemosum*; **San Cayetano:** *Panicum urvilleanum*; **Coronel Dorrego:** *Baccharis juncea, Juncus acutus*; **Pehuen-có:** *Senecio subulatus*, *Glyzyrrhiza astragalina*, *Hyalis argentea*.

Hyalis argentea se registró unicamente en Coronel Dorrego y Pehuen-có pero resultó indicadora de esta última localidad. *Baccharis genistifolia* se registró en todas las localidades (especialmente en Costa Chica) excepto en Pehuen-có. *Baccharis juncea* se encontró en todas las localidades, especialmente en Coronel Dorrego, excepto en Costa Chica y Pehuen-có. *Conyza primulifolia* está presente en las tres localidades de la región BMO muestradas y en Coronel Dorrego pero resultó indicadora de sitio por su frecuencia relativa a las demás especies en Punta Médanos. *Androtrichum trigynum* se econtró exclusivamente en las tres localidades de la BMO, al igual que *Senecio crasiflorus* y *Panicum racemosum*. Exactamente lo opuesto ocurrió con *Panicum urvilleanum*. *Juncus acutus* no se registró en las parcelas de Costa Chica ni de San Cayetano. *Melilotus albus* se encontró en todas las localidades excepto Mar Chiquita.

Las especies que resultaron significativas para el análisis como **indicadoras de geoformas** resultaron ser 11 ($p<0.05$), con 5 altamente significativas ($p<0.001$). *Spartina ciliata* resultó indicadora de las playas distales. El resto de las especies altamente significativas resultaron indicadoras de cordones litorales: *Noticastrum sericeum* es indicadora de cordones litorales, si bien se encontró con mayor frecuencia absoluta en montículos fijos y semifijos. Lo mismo ocurrió con *Distichlis* spp, que si bien se la encontró en bajos y en montículos fijos y semifijos, está asociada a los cordones litorales, y *Juncus acutus y Juncus tenuis* encontradas con gran frecuencia en bajos resultaron también indicadoras de cordones litorales.

Análisis de correspondencia con extracción de tendencia (DCA)

El análisis de correspondencia con extracción de tendencia aportó autovalores de 0.848 y 0.587 para los ejes 1 y 2 respectivamente, con una varianza total (*inertia*) de 16.5728, siendo el 5.1% de la misma absorbido por el eje 1 y el 3.5% por el eje 2.

El coeficientes de determinación para la correlación entre distancias de ordenamiento (original n-dimensional versus ordenada 3-dimensiones) fue extremadamente bajo para los tres ejes, con un valor cercano a cero en el eje 1, de 0.019 en el eje 2 y 0.015 en el eje 3. Esto significa que no existe una tendencia a lo largo de los ejes del DCA para todos los datos tomados en conjunto. Sin embargo es posible observar el patrón de separación entre regiones claramente. En el gráfico de la figura 4.9 A se observa que este análisis separa a lo largo de los ejes 1 y 2 los datos provenientes de la región de la BMO de los provenientes de la región BMA. A su vez, los diferentes sitios y geoformas presentan también un patrón de distribución distinguible visualmente (figuras 4.9 B y C).

Las correlaciones de Pearson y Kendal (tabla 4.6) presentaron un coeficiente de correlación significativo para las variables "cobertura vegetal total" (CTV) y "riqueza específica" ($p < 0.01$). La correlación no fue significativa para "largo del parche" y mostró un valor límite en "distancia al mar desde el inicio del ambiente" (Di).

Es posible interpretar tanto una tendencia en CVT como en "riqueza específica" en función de la distribución de los sitios y los tipos de geoformas de las parcelas. La línea de correlación se presenta en la figura 4.9 A.

Tabla 4.6. Correlaciones de Pearson y Kendal para las variables consideradas y el eje 1 del DCA. n = 256, valor crítico en el rango de 0.148 a 0.181(1%). NS: no significativo. Di: Distancia al mar desde el inicio del parche. CTV: Cobertura vegetal total.

Variable	r^2	Significancia
largo del parche	0.05	NS
Di	0.09	NS
CTV	0.49	$p < 0.01$
riqueza específica	0.23	$p < 0.01$

A lo largo del eje 1 del DCA se observa una segregación de las regiones, y por ende de los sitios. Las parcelas correspondientes a la región BMO se ubican mayormente en la parte negativa del eje1, lejanas a cero, mientras que los de la región BMA segregan hacia los valores negativos cercanos a cero y los positivos de dicho eje. De los sitios correspondientes a la región BMO, sólo el Mar Chiquita tiene parcelas sobre la parte positiva del mismo. Los sitios Costa Chica y Punta Médanos segregan juntos hacia la parte negativa del mismo. Los datos de Coronel Dorrego y Pehuen-có también poseen un patrón similar de distribución entre sí, aunque la dispersión mayor la contienen los datos de Coronel Dorrego. Los sitios Mar Chiquita y San Cayetano, si bien son sitios consecutivos en latitud y longitud, perteneces a diferentes regiones, se encuentran separados por la región MdP, y en este análisis se observa que sus parcelas presentan distribuciones muy diferentes.

Sobre el eje 2 se ordenan las parcelas siguiendo un patrón que acompaña la geomorfología. Los datos provenientes de geoformas activas se encuentran en su mayoría desplazados hacia la parte negativa del eje 2. Las parcelas correspondientes

a cordones litorales se concentran en la parte positiva del eje 2 y negativa del eje 1, que es hacia donde apuntan las líneas de tendencia de cobertura y riqueza. La cobertura vegetal tiende también hacia la nube de sitios que ocupan los bajos interdunales, lo cual refleja que los mismos poseen efectivamente vegetación más densa. La riqueza parece acompañar la distribución de los bajos y de las geoformas fijas.

Se observa que *Spartina Ciliata*, presenta una distribución amplia en el diagrama (figura 4.10 A). Este patrón indica que los ejes no representan la distancia al mar, ya que típicamente esta especie, indicadora de playas distales, presenta una distancia nula o baja. Especies asociadas a ambientes poco drenados (inundables) de agua dulce como *Typha* sp. y a ambientes bien drenados (especie xerófila) de sustrato fijo, como *Baccharis divaricata*, presentan en cambio distribuciones muy acotadas, y aunque son típicas de ambientes de alta cobertura vegetal aparecen disociadas en el diagrama formando dos grupos a lo largo del eje 1, sobre los valores bajos del eje 2 (figura 4.10 B). Las especies de ambientes húmedos que se presentan en ambas regiones, aparecen cercanas al cero del eje 2 también, sobre el lado positivo del eje 1, por ejemplo *Imperata brasiliensis* y *Cortaderia selloana* (figura 4.10 C). Las dos especies de *Panicum* registradas denotan una segregación extrema sobre el eje 2, siendo ambas indicadoras de las regiones BMA por un lado (*P. urvilleanum*, valores altos positivos del eje 2) y BMO por el otro (*P. racemosum*, valores altos negativos del mismo eje) (figura 4.10 D).

4.5 Discusión

Los resultados de este trabajo apoyan la hipótesis biológica que se propuso en la introducción, que la vegetación en las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires sigue un patrón de distribución asociado en primera instancia a la geomorfología, donde se diferencian regiones florísticas discretas, y en segunda instancia a un gradiente biogeográfico, que implica el aumento de especies leñosas hacia el oeste (en la Región BMA). A continuación se discuten estos resultados.

4.5.1 Dos floras, Dos regiones

Ángel Cabrera, en su trabajo "Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la Provincia de Buenos Aires" (1941) distingue dos floras: las asociaciones del litoral norte y las asociaciones de la costa austral. Este autor ubica la zona de transición de las floras entre las localidades de Miramar y Claromecó. Esta hipótesis de dos floras de Cabrera es la que motivó este estudio, y los resultados obtenidos la apoyan.

Los gráficos de distribución de vegetación de las dos regiones muestran que éstas se segregan en grupos discretos, es decir, son distinguibles entre sí. Ello se opone a la hipótesis nula 1 enunciada en la Introducción, apoyando la hipótesis biológica.

Recientes estudios realizados por Faggi y Dadon (en revisión) indicarían que las comunidades vegetales de la Provincia Pampeana se comportan de manera diferente frente al impacto antrópico. Las comunidades que estos autores estudian correspondientes a la región BMO presentan una disminución de diversidad en las últimas décadas, que afecta principalmente a plantas herbáceas no graminiformes. En ese trabajo este efecto no se encuentra en las comunidades que estudian en la costa austral, correspondiente a la región BMA definida en esta tesis. Sus resultados coinciden en afirmar la identidad de dos floras diferentes, que responden de manera distinta a los disturbios.

Según los resultados obtenidos en los capítulos 2 y 3, el nivel de urbanización y el impacto general por actividad humana disminuyen hacia el sur en la costa de dunas pampeana, siendo mucho más bajo en la región BMA que en la BMO. Asimismo, la superficie total considerada área natural (sin modificaciones significativas del paisaje por obra humana) de la región BMA es más extensa y continua (véase Módulo 1), lo cual implicó un mayor esfuerzo de muestreo en campo (mayor número de transectas y más largas). Estos factores, sumados a la mayor diversidad geomorfológica que ofrece la región BMA, explicarían una mayor diversidad de especies en la misma y por ende el bajo índice de similitud entre las regiones encontrado.

4.5.2 Gradientes o Secciones

Una discusión de larga data entre geógrafos y ecólogos consiste en la continuidad o discontinuidad del ambiente natural. Aquellos que abogan por el concepto de continuidad (incluyendo a Gleason, Ramiensky y Whittaker entre los ecólogos de plantas, junto con muchos climatólogos e hidrólogos) le otorgan un rol de mayor importancia en el modelado del ambiente natural a los cambios independientes

relacionados con gradientes en diferentes geocomponentes abióticos y en la respuesta individualista de cada especie. Aquellos que prefieren el concepto de discontinuidad (incluyendo a Clements y Braun-Blanquet entre los ecólogos de plantas, y la mayoría de los geógrafos físicos de Europa) sostienen la existencia de claras conexiones causales entre geocomponentes abióticos, la interdependencia biocenótica entre organismos, y el rol de las comunidades de plantas en crear y amortiguar el ambiente (Solon 2005).

Desde el punto de vista actual, esa discusión ha perdido peso, ya que no considera los siguientes factores: 1) la extensión y resolución espacial del estudio y 2) la precisión de las mediciones hechas y el número de de factores ambientales analizados del geocomponente. Hoy en día se considera que los límites del parche tienen significado sólo en relación a determinadas escalas de trabajo (Solon 2005).

En este trabajo se puede entonces afirmar que existe un patrón de distribución de vegetación discreto en la escala regional. La distribución de la vegetación en la costa de dunas bonaerense responde, en la escala regional, al patrón geomorfológico. Ello surge a partir del análisis de agrupamiento efectuado en este trabajo, y puede observarse con mayor claridad en el análisis de correspondencia con extracción de tendencia (DCA). Este resultado es útil no solo por la información que aporta sino también otorga validez externa a la regionalización desarrollada en el módulo 1 del presente volumen. Las regionalizaciones que contemplan atributos de los ecosistemas que son de interés para la ecología de la conservación, son herramientas de amplio uso las investigaciones concernientes al manejo de los recursos naturales (e.g.: Moreno-Casasola 2004).

Asimismo, un patrón de distribución de formas de crecimiento que podría ser gradual parce superponerse en la Región BMA. Se encontró que la vegetación en la región BMO posee en proporción más formas de crecimiento herbáceas que la región BMA (la proporción de leñosas es del doble en la región austral). Más aun, en el análisis de correspondencia se observa que la distribución de especies leñosas y las asociaciones presentes en las dunas fijas también están mejor representadas en la zona austral, en particular en las localidades situadas hacia el oeste (Pehuen-có – Monte Hermoso). Resta aún el estudio detallado de este patrón para indagar acerca de la magnitud del gradiente propuesto como modelo explicativo de este patrón y la magnitud de su asociación con la geomorfología. De todas maneras es preciso recalcar que a partir de la sección C de la región BMA, y hacia el oeste, existen campos de dunas no operativos (véase capítulo 2). Esas dunas fósiles podrían estar influenciando en gran medida la distribución de leñosas, ya que las mismas suelen encontrarse en mayor

concentración en donde el sustrato no es móvil. De hecho García-Mora et al. (1999) asocian los diferentes tipos funcionales de plantas de dunas costeras a la movilidad del sustrato presente. Por ejemplo Musila et al. (2001) más específicamente encuentran en las dunas costeras de Kenya que las especies de arbustos se concentran en cordones de dunas fósiles, mientras que las geoformas más cercanas al mar, de sustrato más móvil, carecen de formas arbóreas. Es preciso extender los muestreos en campo realizados en la Región BMA para incluir las secciones O y E, y así como realizar transectas más largas hacia el continente, incluyendo dunas fósiles en el muestreo, para obtener una caracterización más completa del grado en que las formas de crecimiento leñosas se concentran en dirección oeste en la región y poder atribuir ello a las geoformas fósiles o a la cercanía de la Provincia Fitogeográfica del Espinal.

En función de los resultados obtenidos, es plausible que la geomorfología sea el factor que está determinando las diferencias en la proporción de formas de crecimiento leñosas en las regiones. Los análisis multivariados mostraron una mayor respuesta de los datos al tipo de geoformas en la que fueron recolectados que al sitio (localidad) al cual pertenecen. Ello indica que es más significativo el factor geoformas en lo que respecta al tipo de cobertura que se encontrará en un determinado cuadrante que el factor sitio. Sin embargo cuando se realizó el análisis para especies indicadoras de geoformas solo se obtuvieron resultados de alta significancia para playa distal y cordones litorales. Las parcelas que se aglomeraron en el gráfico de PCA (véase anexo) fueron en su mayoría correspondientes a estas geoformas, lo cual indicaría que los demás cuadrantes ubicados en otras geoformas son demasiado variables respecto de sus especies como para poder asignarles especies indicadoras[2].

Finalmente, cabe destacar que este trabajo constituye un avance en el conocimiento de la flora de la costa de dunas pampeanas que pretende facilitar el diseño de futuras investigaciones. Los resultados se presentan no solo en forma numérica sino también en forma cartográfica. Ello representa una ventaja como herramienta de análisis para la elaboración de nuevas hipótesis. Si la información actual sobre una determinada variable, por ejemplo, productividad, es articulada con las regiones, esta hipótesis puede ser puesta a prueba estadísticamente y la validez de la estructura regional (el

[2] Cabe mencionar que el análisis de especies indicadoras en algunos casos mostró como indicadoras algunas de las especies que no pudieron ser determinadas hasta el taxón de especie. Ese resultado debe ser tomado en cuenta de todas maneras ya que aunque no se haya podido determinar la identidad de dichas especies sí se determinó que corresponden a especies diferentes a las demás identificadas, con dos excepciones: PoaX1 y PoaX2 podrían corresponder a *Panicum urvilleanum*, *P. racemosum*, o *Poa lanuginosa*, o bien a una gramínea diferente no determinada aun en la zona de estudio.

mapa) puede ser evaluada de una manera más objetiva. Esta puesta a prueba es independiente cuando la variable no ha sido ingresada en la regionalización inicial (Bailey 1984).

4.6 Conclusiones

En las dunas costeras pampeanas fueron detectadas 130 especies de plantas vasculares, representando a 32 familias taxonómicas con Asteraceae y Poaceae mejor representadas. El 51% de las especies son nativas no endémicas, el 15 % de exóticas y el 15% endémicas del país, y el resto naturalizadas o bien indeterminadas. Se registró en general un amplio predominio de formas herbáceas sobre formas leñosas. La distribución de especies leñosas y las asociaciones presentes en las dunas fijas están mejor representadas en la zona austral, en particular en las localidades situadas hacia el oeste (Pehuen-có – Monte Hermoso).

La mayor riqueza se presentó en los bajos, donde se encontraron 91 especies, en su mayoría herbáceas. La mayor cantidad de leñosas se registró en las geoformas fijas donde se encontró un total de 85 especies, 21% de las cuales fueron leñosas. Las geoformas fijas y activas poseen una estructura y composición florística más variable que los cordones, playas y bajos. La vegetación en la costa de dunas bonaerense responde al patrón geomorfológico ya que la distribución de coberturas responde más al factor geoformas que el factor “sitio” (localidad).

Las regiones se separan en función de su composición y estructura vegetal, apoyando así la descripción de Cabrera (1941) de la composición florística de las dunas costeras bonaerenses dos floras distintas (norte y austral) y acorde con la regionalización propuesta en el módulo 1. La proporción de arbustos y subarbustos sobre herbáceas fue del doble para la región BMA respecto de la región BMO. Ello podría atribuirse a la cercanía de la Provincia Fitogeográfica del Espinal, pero la dependencia de la vegetación con respecto a la geomorfología y los estudios realizados por otros autores sugieren que el factor condicionante sería la presencia de geoformas fósiles en las secciones oeste de la región BMA.

Los resultados de este trabajo apoyan la hipótesis biológica que se propuso en la introducción, que la vegetación en las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires sigue un patrón de distribución asociado en primera instancia a la geomorfología,

donde se diferencian regiones florísticas discretas, y en segunda instancia a un gradiente biogeográfico, que implica el aumento de especies leñosas hacia el oeste (en la Región BMA).

4.7 Figuras

Figura 4.1: Provincia de Buenos Aires; se señala con puntos rojos los sitios de muestreo.

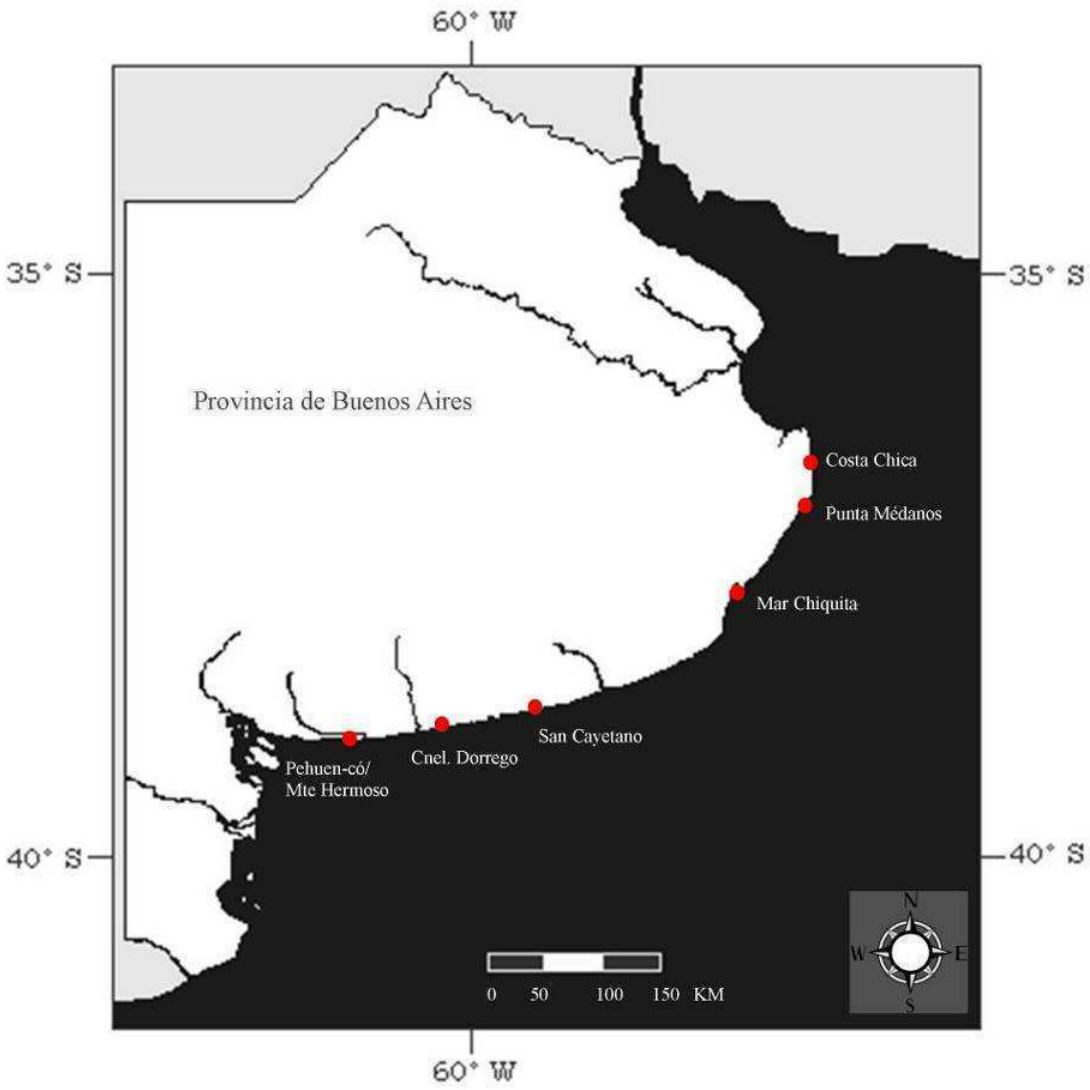


Figura 4.2: Distribución de las diferentes especies en Familias. En el gráfico de barras se muestra la frecuencia absoluta de especies registradas para cada familia.

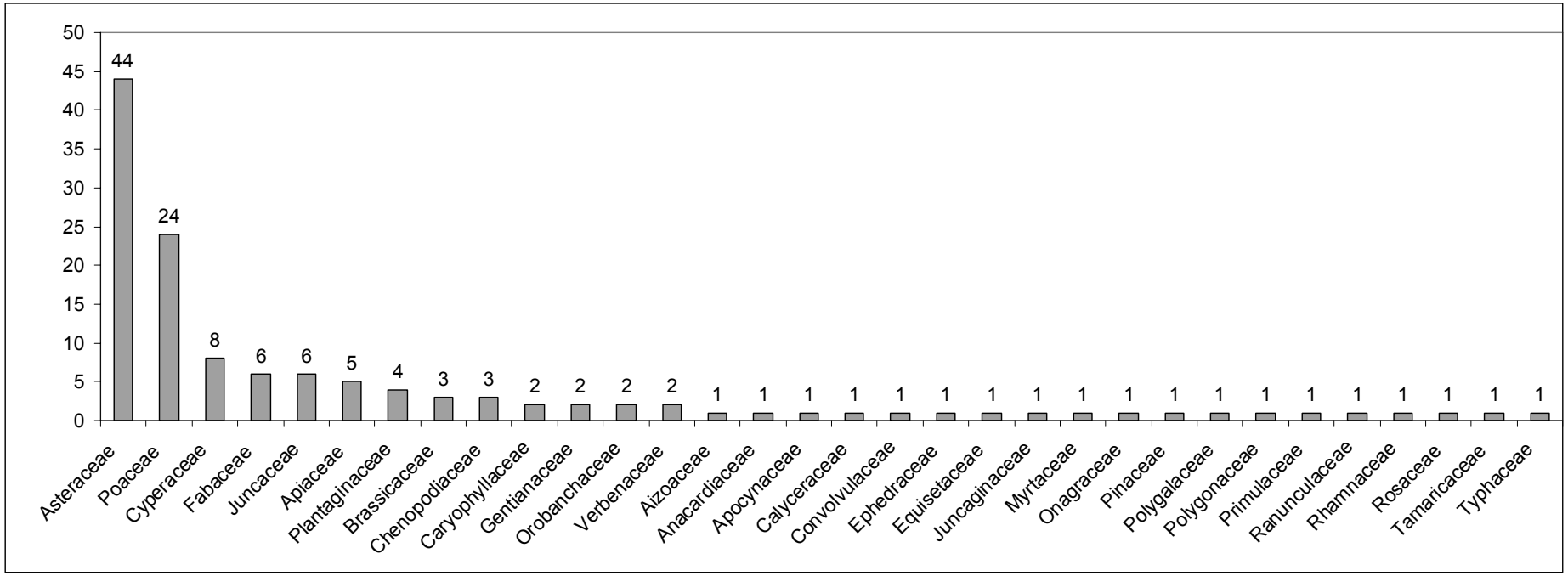


Figura 4.3: Porcentaje de especies registradas según su categoría de conservación, según Zuloaga y Morrone (1996, 1999). Se presenta la categoría seguida por el número total de especies registradas y el porcentaje que ese número representa sobre el total de especies.

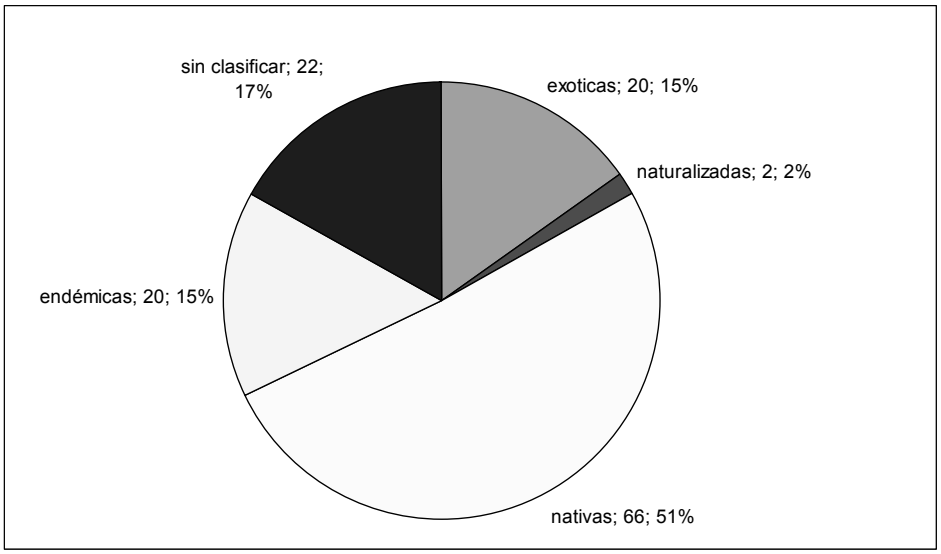


Figura 4.4: Porcentaje de especies leñosas (árboles, arbustos y subarbustos) y herbáceas registradas. En cada clase se presenta la categoría (herbácea vs. leñosa) seguida por el número de especies registradas y el porcentaje que ese número representa sobre el total de especies.

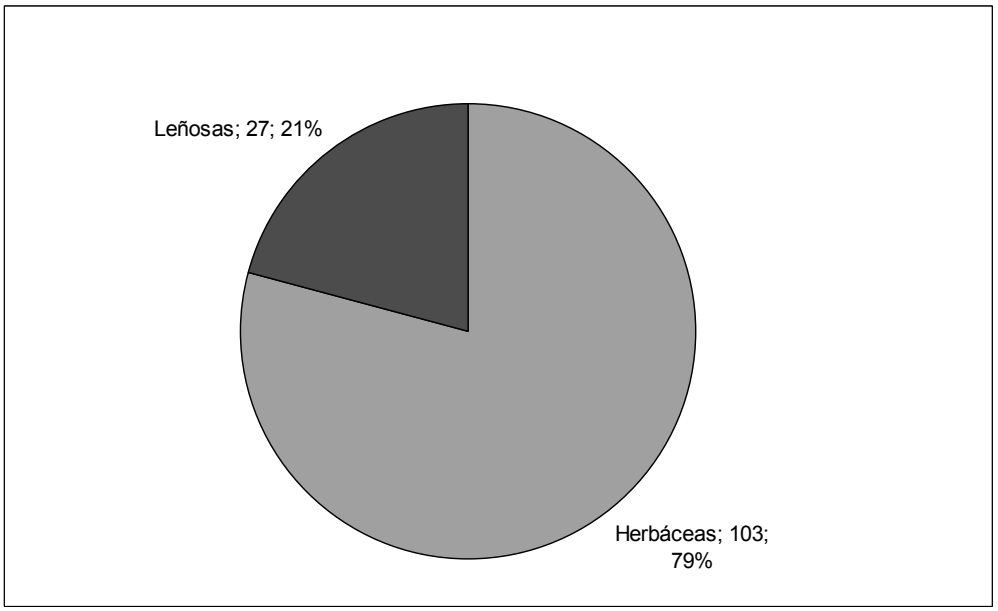


Figura 4.5: Frecuencia con que las diferentes geoformas fueron interceptadas en las transectas de muestreo. Se presenta el tipo de geoforma, seguido por el número total de especies registradas en las mismas y el porcentaje que representa ese número sobre el total de especies registradas en el área de estudio.

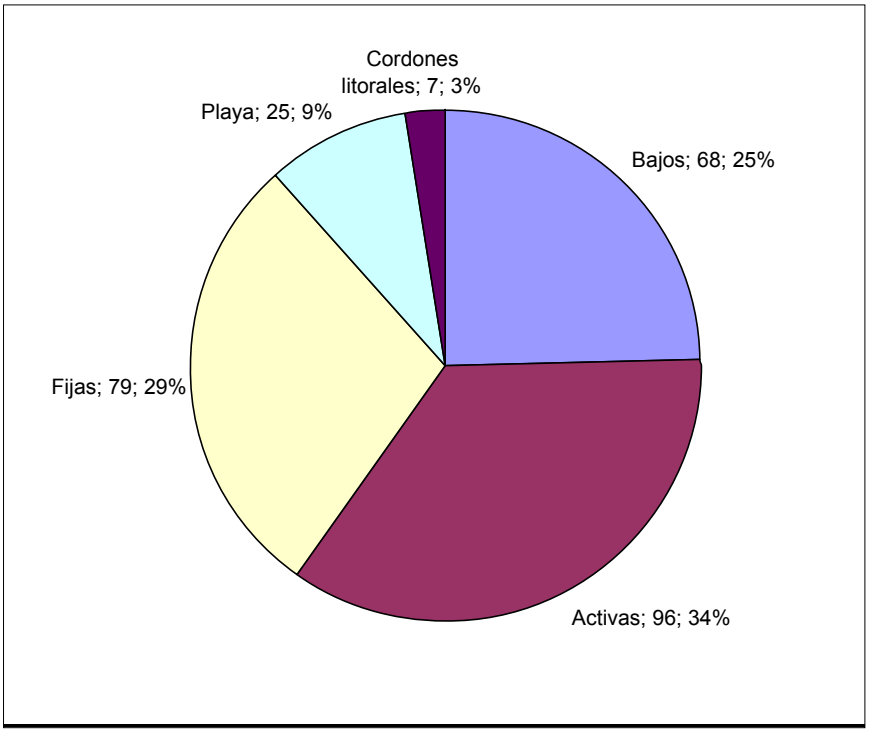


Figura 4.6: Número de especies según su forma de crecimiento en cada región. Se incluyen las dos poáceas de identificación dudosa.

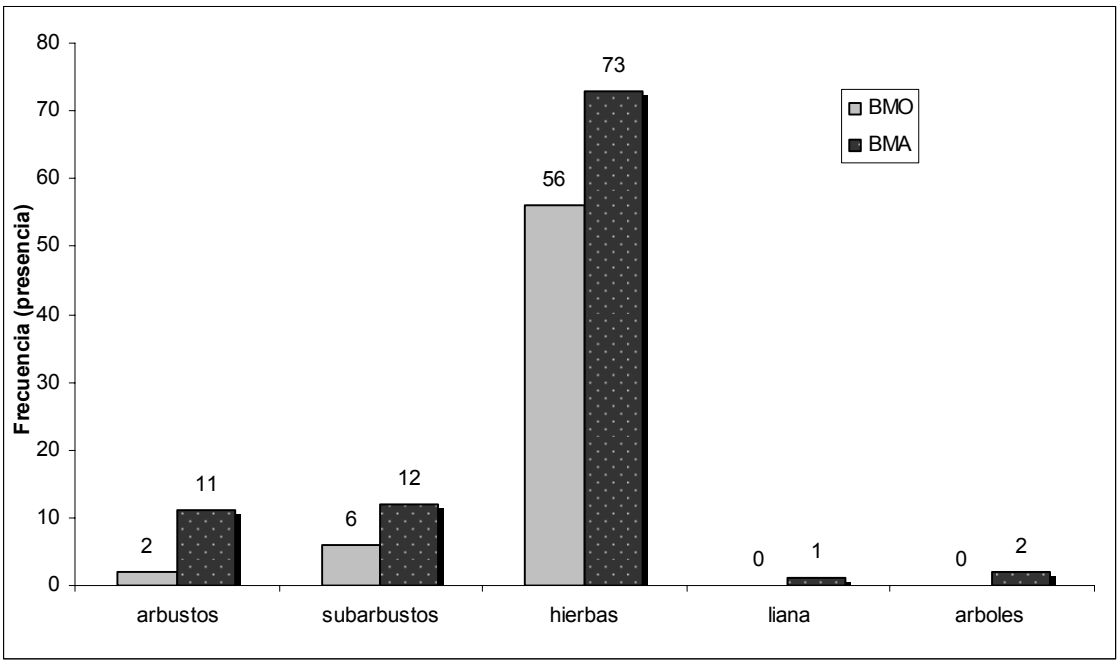


Figura 4.7: Número de especies según su forma de categoría (según Zuloaga y Morrone 1996, 1999 y Delucci 2006) en cada región. Se incluyen las dos poáceas de identificación dudosa.

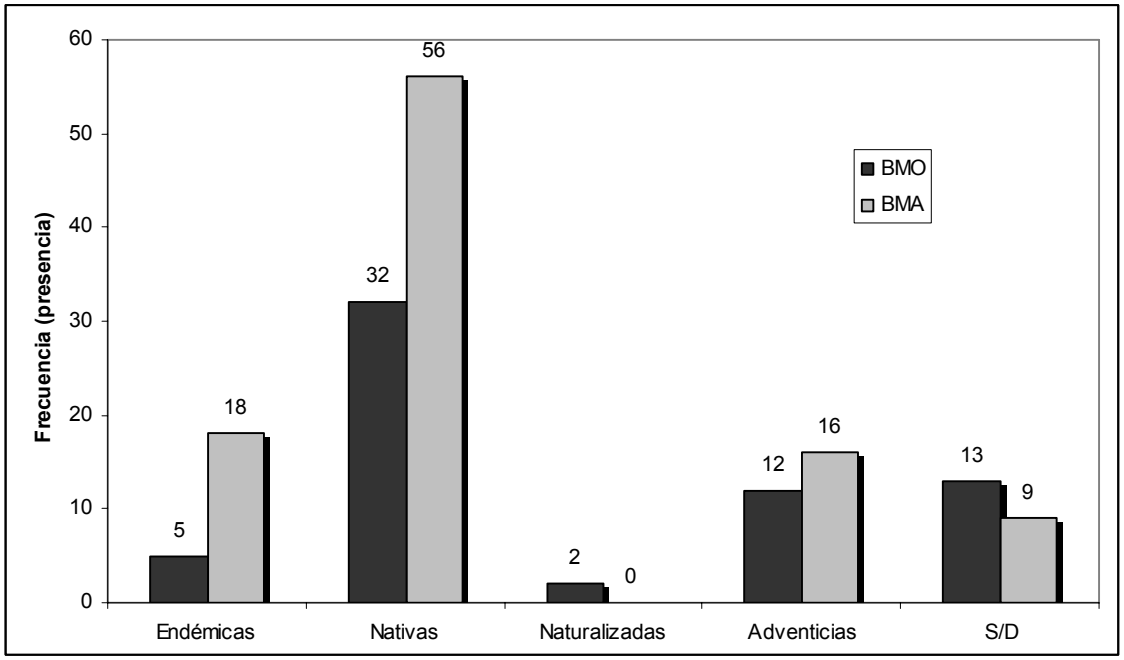


Figura 4.8: Análisis de agrupamiento del vecino más lejano de los datos de cobertura trasformados según Van der Maarel (2007). Se muestran los 39 grupos obtenidos con una distancia objetiva del 50%.

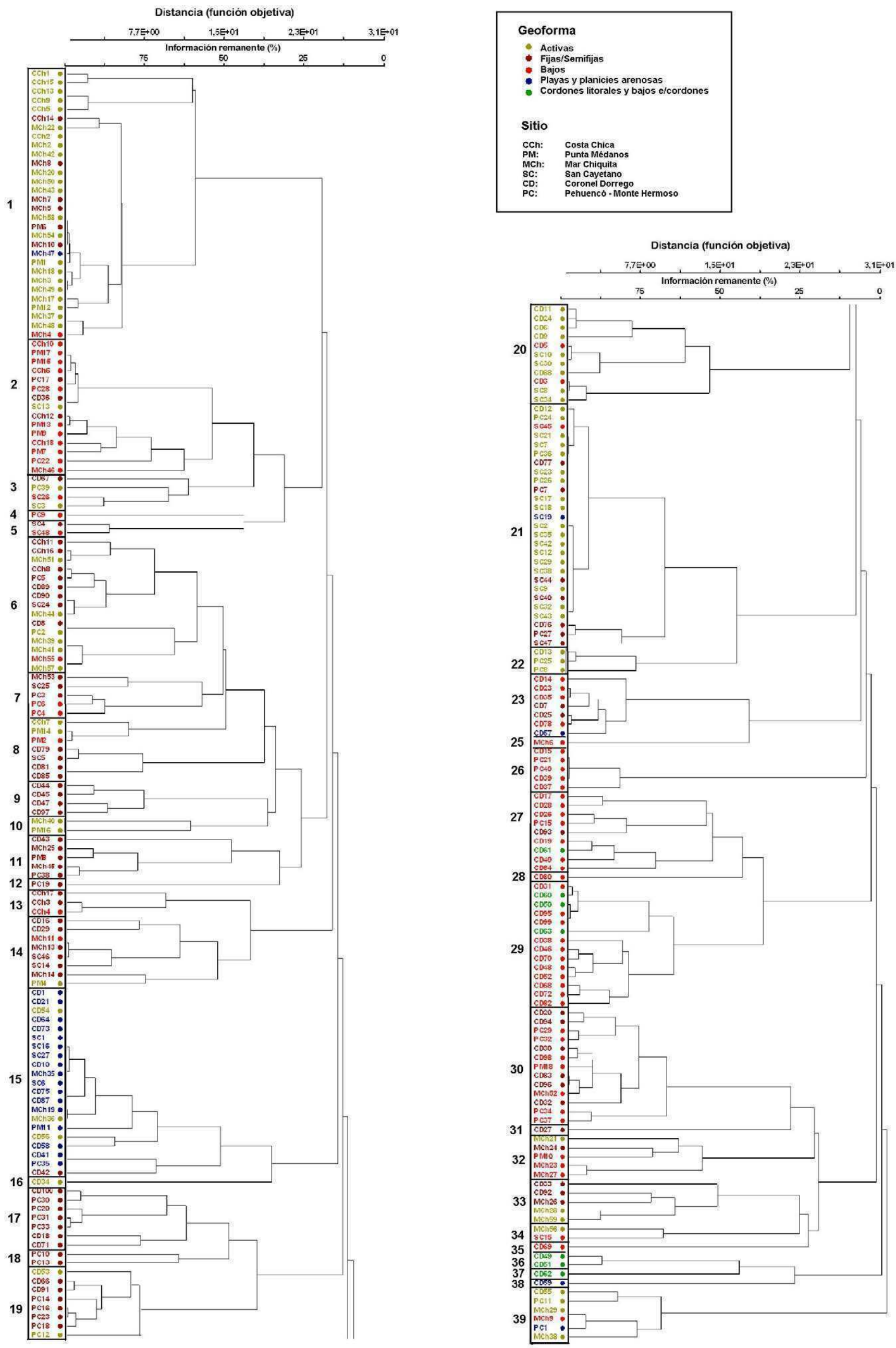
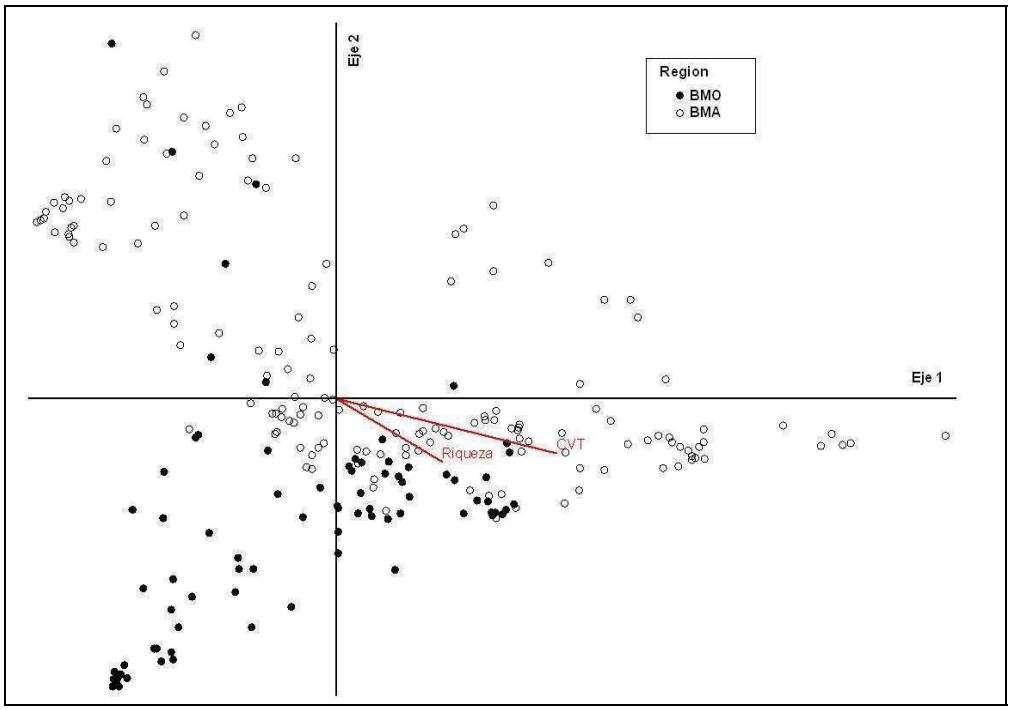
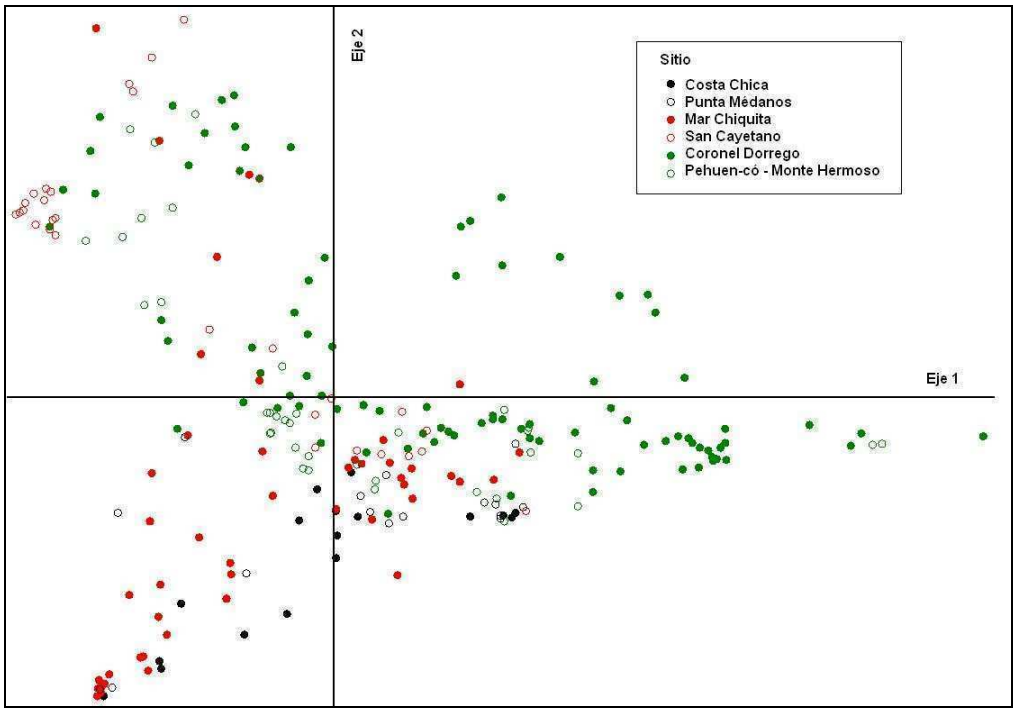


Figura 4.9: Distribución de parcelas en el análisis DCA. A: Parcelas diferenciadas por región. Se grafican las líneas de correlación con las variables de cobertura vegetal total (CTV) y riqueza específica. B: Parcelas discriminadas en función de los sitios relevados. C: Distribución de las parcelas según las diferentes geoformas.

A)



B)



C)

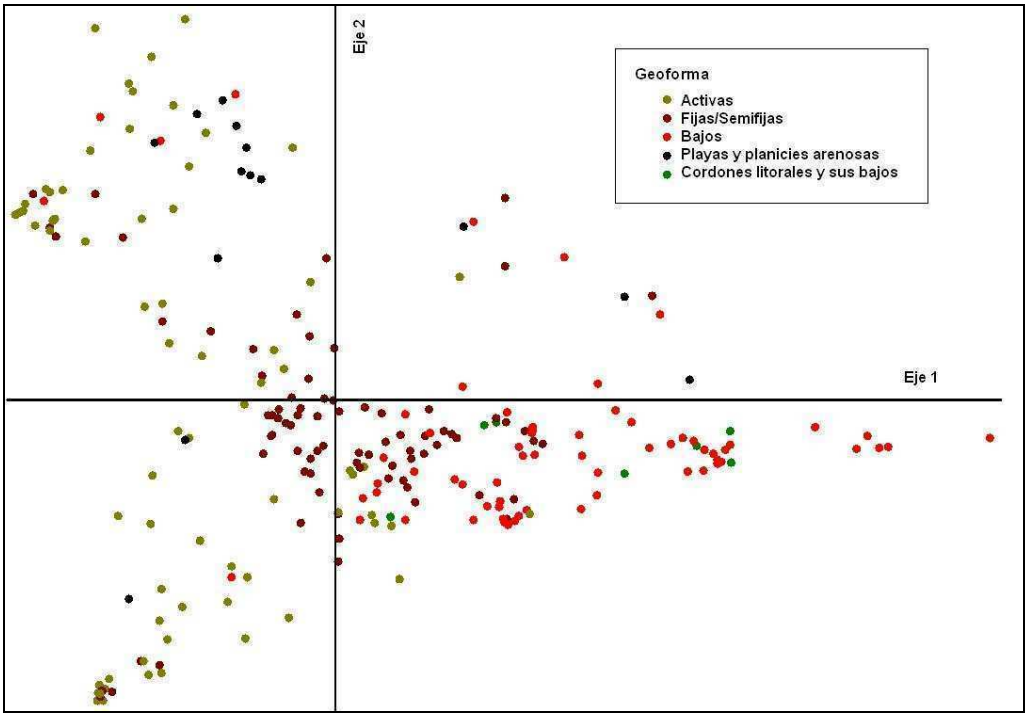
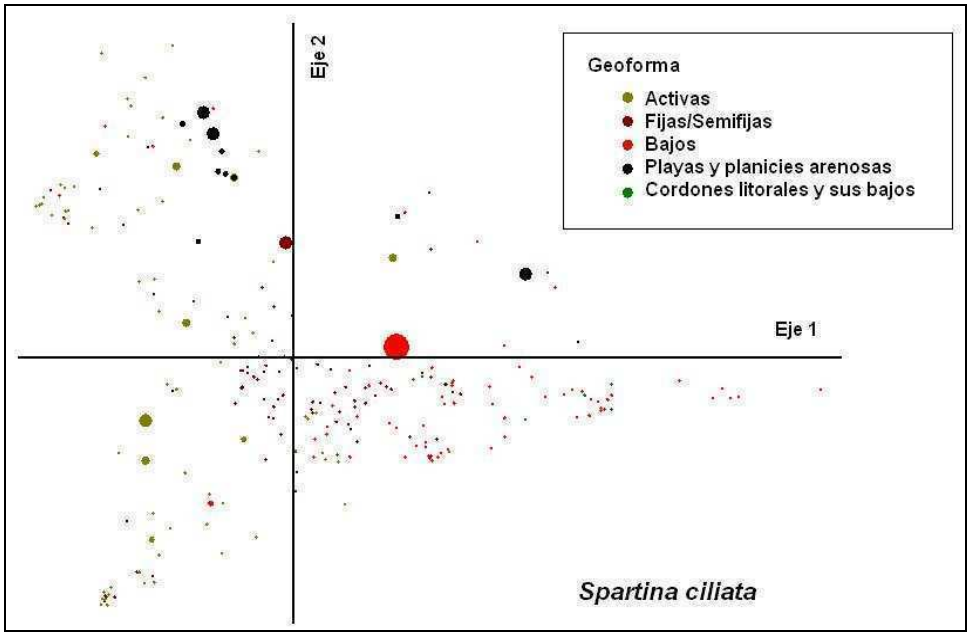
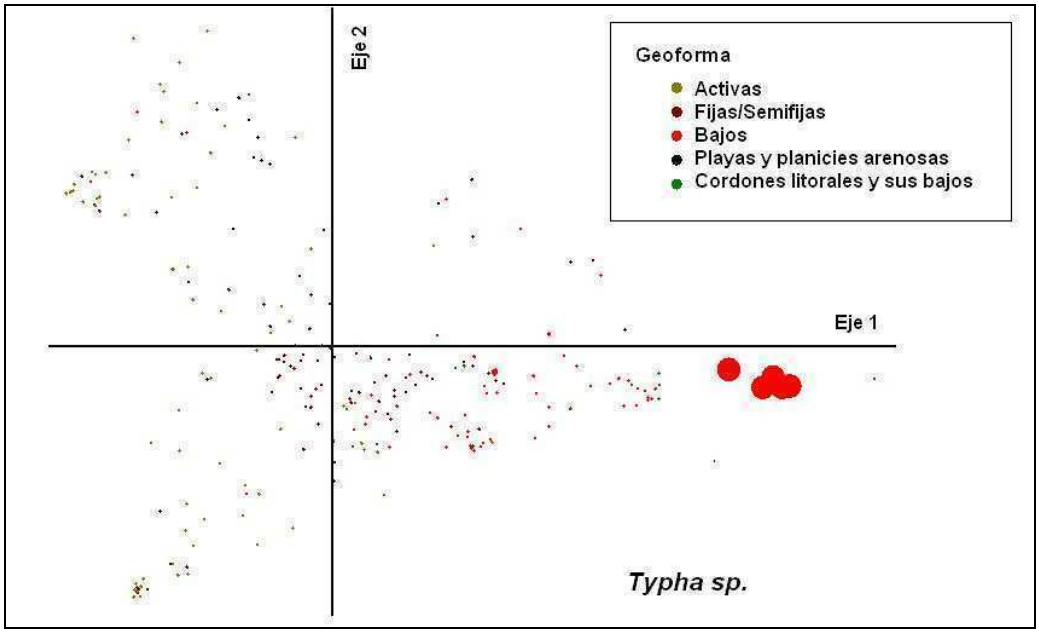


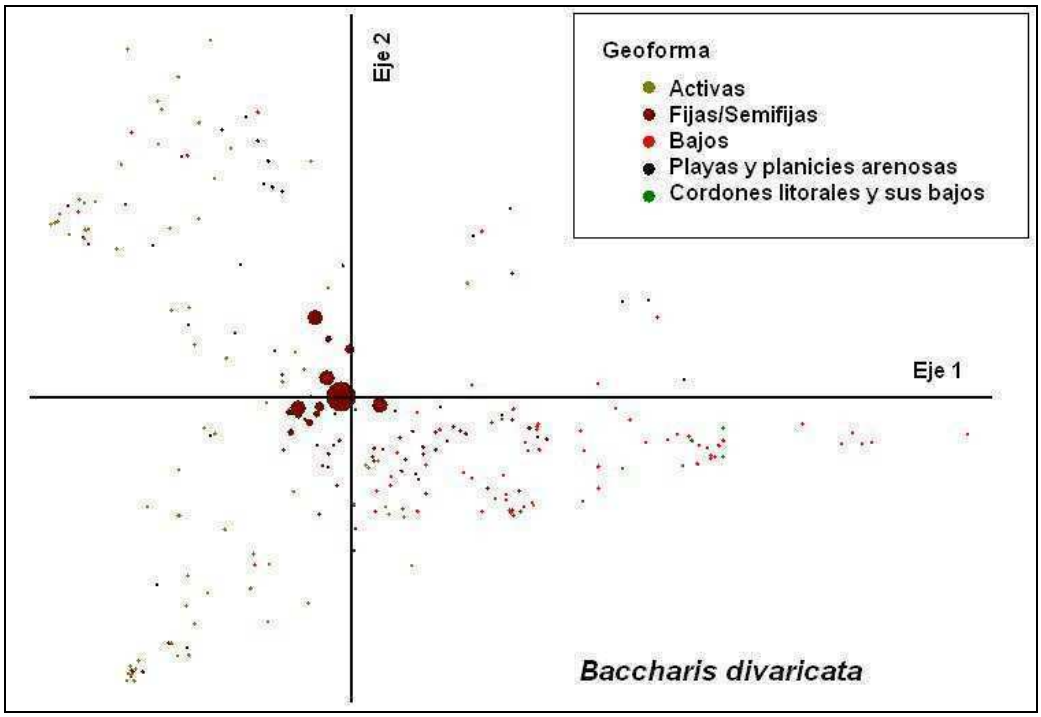
Figura 4.10: Distribución de las especies en el análisis DCA. A) *Spartina ciliata*. B) *Thypa* sp. y *Baccharis divaricata*. C) *Imperata brasiliensis* y *Cortaderia selloana*; D) *Panicum racemosum* y *P. urvilleanum*.

A)

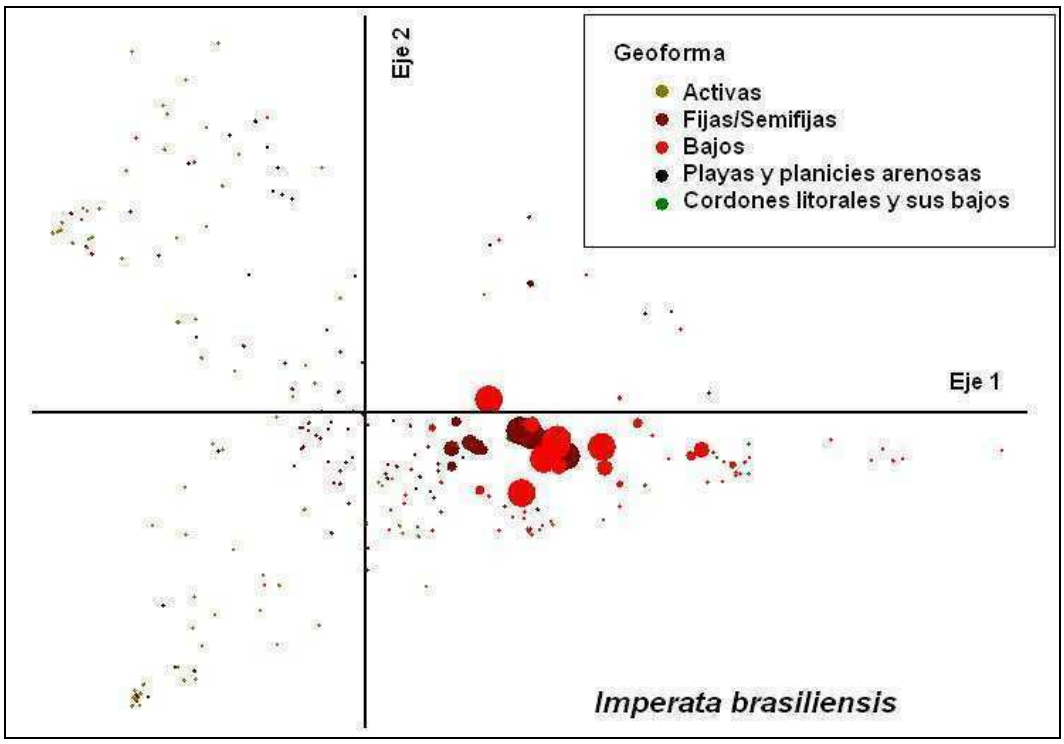


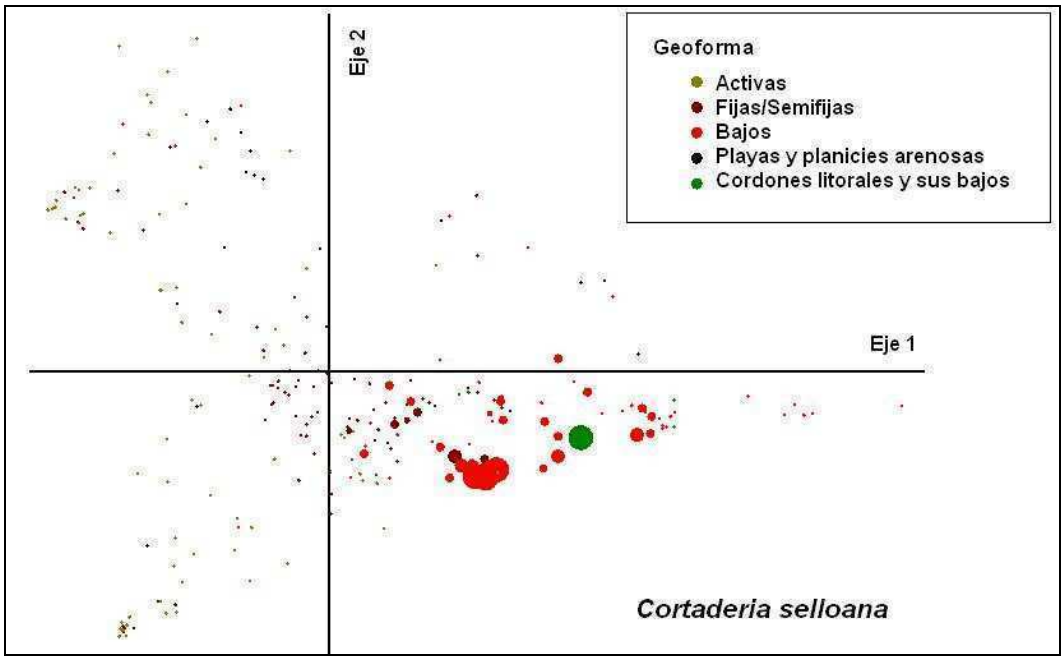
B)


Eje 2
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
Eje 1
Typha sp.

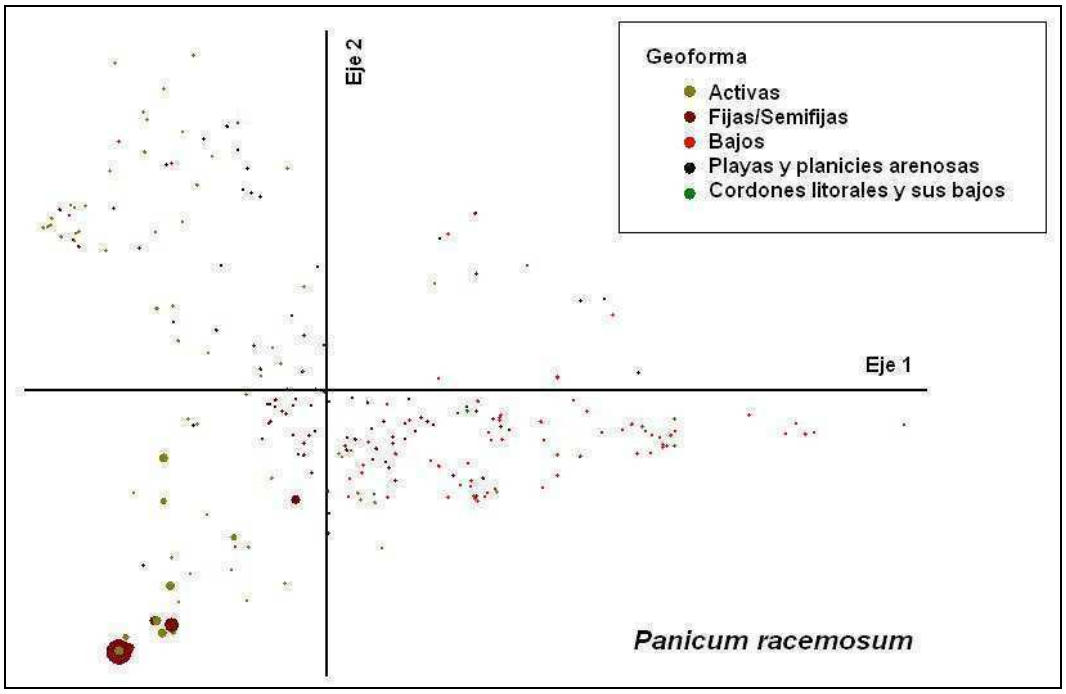

Eje 2
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
Eje 1
Baccharis divaricata

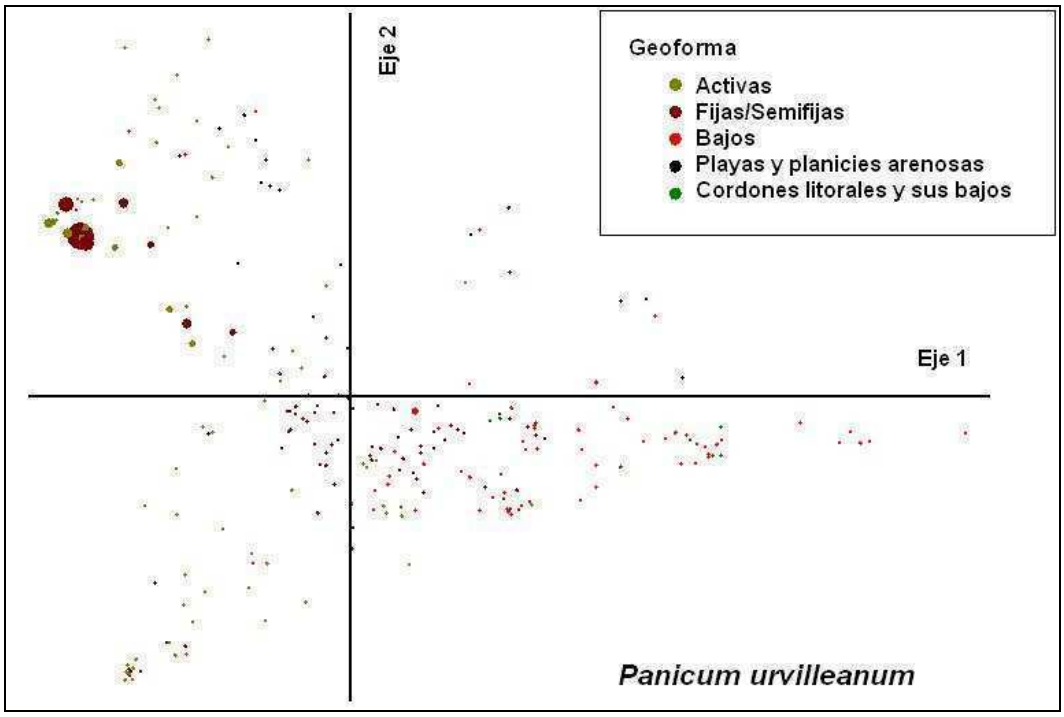
C)


Eje 2
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
Eje 1
Imperata brasiliensis


Eje 2
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
Eje 1
Cortaderia selloana

D)


Eje 2
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
Eje 1
Panicum racemosum


Eje 2
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
Eje 1
Panicum urvilleanum

Capítulo 5: Análisis comparativo de la estructura vegetal en diferentes sitios de la costa bonaerense

En este capítulo se elabora un modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra en función de los aspectos estructurales y florísticos de las comunidades vegetales de las dunas costeras, de aplicación regional, y se compara el estatus de conservación de los diferentes paisajes de la costa de dunas pampeana. Para ello se indaga acerca de la diversidad de las dos floras de la costa bonaerense. Luego se examina la distribución de especies en cada sitio muestreado, asociando la vegetación con la geomorfología en cada caso. Se definen las comunidades de cada sitio y se reelabora el modelo de sucesión espacial de Pfadenhauer. Finalmente se calcula la conectividad en cada sitio muestreado y se evalúa su estado de conservación. Las dunas de la costa de la provincia de Buenos Aires presentan un alto número de especies y diversidad de comunidades vegetales. El sitio más diverso y más rico en especies vegetales resultó ser la costa de Coronel Dorrego. El análisis de los seis sitios permitió definir en cada uno el patrón de distribución de especies asociado a la geomorfología local. A partir del mismo, fue posible reelaborar el modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra. El modelo propuesto a partir de este trabajo consta de diez ambientes que se distinguen tanto por las comunidades que contienen como por su geomorfología típica. El índice de conectividad resultó variable, sin máximos ni mínimos claros, pero todos los valores se mantuvieron por debajo de los informados para Europa, con lo cual puede sostenerse que el estado de conservación de las dunas pampeanas es aparentemente mejor.

5.1 Introducción

5.1.1 El gradiente mar-tierra

Los ecosistemas de dunas pueden ser vistos como una serie de gradientes relacionados a varios factores ambientales, operando en diferentes escalas de tiempo y espacio. Este enfoque permite explicar que: 1) la vegetación de las dunas usualmente comprende un complejo mosaico espacial. 2) las sucesiones temporales rápidas son frecuentemente evidentes (Carter 1993). El mosaico observado en los paisajes de dunas costeras ha sido descripto por diversos autores. Por ejemplo, la zonificación realizada por Doing (1985) en las costas francesas asume este tipo de patrón en donde el mosaico está formado por las diferentes zonas que ofrece la

geomorfología. El modelo propuesto por este autor fue ampliamente utilizada, incluso en Sudamérica (eg: Cordazo y Seeliger 1993).

En 1993, Eddy Van der Maarel editó una recopilación de estudios sobre el ordenamiento espacial de las comunidades vegetales de los ecosistemas costeros secos: "Dry coastal ecosystems" (en contraposición con "Wetlands", humedales). Allí el propio Van der Maarel propuso un modelo de perfil costero en donde se muestran todas las "zonas" (ecosistemas locales) que puede tener un paisaje costero de tipo seco, es decir, donde no es el factor de inundación el principal forzarte de los procesos ecosistémicos (lo opuesto a un humedal). En una secuencia hipotética que comienza en el borde marino y termina en donde termina el campo de dunas, los ambientes seguirían el siguiente orden (adaptado a partir de Van der Maarel 1993):

1) playa

2) duna frontal (y embrionaria)

3) borde verde (*green strand*)

4) duna costera (cordón costero) móvil

5) bajo interdunal (primario) con humedal de marisma o lago

6) duna semifija (pastizales, comunidades pioneras, subarbustos) → duna parabólica (parte frontal)

7) bajo interdunal (secundario) con humedal de marisma o pajonal húmedo

8) duna parabólica (parte interna) → dunas fijas (matorrales)

9) dunas posteriores (pastizales y pajonales, humedales de pajonal).

A su vez, en el mismo libro, Jörg Pfadenhauer (1993) propone una zonación de las dunas costeras de la costa atlántica sudamericana. Para la Provincia de Buenos Aires, Pfadenhauer postula la siguiente secuencia desde playa tierra adentro[3]:

1) Comunidad de *Cakile maritima*

2) Comunidad de *Spartina ciliata*

3) Comunidad *Panicum urvilleanum* (en geoforma móvil: tipo *Calycera*, en geoforma fija: tipo *Oenothera*) en el sur o *Panicum racemosum* – *Calycera* (en geoforma móvil: tipo puro; en geoforma fija: tipo *Oenothera*) en el norte

4) Comunidad de *Baccharis genistifolia* (sur) o *Baccharis gnaphalioides* (norte).

[3] Los nombres de las especies se presentan actualizados según Zuloaga et al. 1994 y Zuloaga y Morrone 1996, 1999.

Ángel Cabrera (1941) ya había propuesto el reemplazo de especies entre la zona norte y la zona austral de las dunas costeras bonareneses, mencionando el ejemplo de *Panicum racemosum* y *Panicum urvilleanum*. El reemplazo de especies, tanto para este autor como para Pfadenhauer, no influiría marcadamente en el patrón general de la zonación de ecosistemas de dunas de toda la zona pampeana (incluyendo las costas uruguayas).

Si bien el reemplazo de especies y la adición de otras constituyen un importante cambio en la estructura y composición de especies en una región, es menester preguntarse acerca de la dimensión de ese cambio. Siguiendo a Cabrera (1941) se puede explicar el patrón de distribución de las especies vegetales en la costa de dunas bonaerense como dividido en dos grandes grupos, a los cuales define como flora norte y flora austral. Los análisis efectuados en el capítulo anterior permiten avalar esta hipótesis y sumar a la misma un componente más, que se refiere al aumento en la proporción de especies leñosas hacia el oeste de la región austral. Las especies leñosas pueden estar enriqueciendo la flora, pero aún resta preguntarse si ese enriquecimiento conforma un cambio en las comunidades que las diferencia de las presentes en la zona norte-oriental pero mantienen su estructura general (lo cual puede denominarse “cambio cuantitativo”, porque se mantienen las mismas comunidades pero con diferentes coberturas), o si la presencia de leñosas implica un cambio superior en el nivel de organización del paisaje, generando nuevas comunidades que se suman en el gradiente longitudinal (lo cual se puede denominar “cambio cualitativo”, porque cambia la identidad de las comunidades presentes).

En el capítulo 4 de este mismo volumen se discutió acerca de la asociación entre la distribución general de especies vegetales y la geomorfología. Si el patrón de asociación estrecha entre vegetación y geoforma se cumple en todos los paisajes definidos en los capítulos anteriores de este trabajo, entonces el modelo de Pfadenhauer podría aplicarse para cada sitio de la costa bonaerense. En ese caso, su apreciación, compartida con Cabrera, acerca del gradiente espacial mar-tierra, o más correctamente “sucesión espacial” ya que se trata de parches discretos, sería de utilidad para evaluar en qué medida el paisaje de dunas costeras mantiene sus características naturales, es decir, mantiene dicha sucesión espacial de ecosistemas.

5.1.2 Conservación y Conectividad

La conectividad espacial se refiere a la contigüidad o adyacencia de las manchas de hábitat en el espacio. Así, cuanto más separados o distanciados estén los fragmentos de hábitat entre ellos, menor conectividad espacial tendrá dicho hábitat en el paisaje (Gurrutxaga San Vicente y Lozano Valencia 2008). Utilizando este concepto, Carboni (2006) propuso una metodología para la indagación acerca del estado de conservación de paisajes de dunas costeras basada en el supuesto de un gradiente mar-tierra en este tipo de paisajes. Dicha autora estudia la conectividad de los diferentes ambientes (definidos por su geomorfología y comunidades vegetales presentes) a lo largo de transectas perpendiculares a la línea de costa. Usualmente, una alta conectividad entre ecosistemas dentro de un paisaje se asocia a una alta calidad del paisaje, ya que la conectividad suele considerarse como una medida de la intensidad en las relaciones entre los elementos de un paisaje o parches. Por ello, ecológicamente, alta conectividad implica mucha más interacción y movimiento de animales, plantas, energía, agua y materiales entre los elementos (Cantwell y Forman 1993). Sin embargo, en paisajes de dunas costeras en donde puede aplicarse el modelo de gradiente de ecosistemas mar-tierra, la conectividad no es sinónimo de calidad ambiental. Cuando el paisaje de dunas costeras es sometido a algún tipo de disturbio no perteneciente a la dinámica natural del paisaje, el gradiente natural de ambientes se desdibuja, apareciendo ecosistemas propios del borde de playa en el interior de las dunas y viceversa. Esto se traduce en un aumento de la conectividad en ambientes más impactados por disturbios humanos (Carboni 2006, Carboni et al. 2009). Carboni et al. (2009) lo explica gráficamente valiéndose del esquema que se presenta en la figura 5.1.

En este capítulo se indagará primero acerca de la diversidad de las dos floras de la costa bonaerense, norte y austral, en cada sitio relevado. Luego se examinará la distribución de especies en cada sitio muestreado con el fin de estimar si la hipótesis de una relación directa de la vegetación con la geomorfología se puede sostener en cada caso. Se definirán las comunidades de cada sitio y se reelaborará el modelo de Pfadenhauer a la luz de los nuevos datos. Por último, se estudiará la conectividad de cada sector muestreado y se evaluará su estado de conservación comparando con los valores de índices de que obtuvo Carboni (2006) para las dunas costeras de Italia.

5.2 Objetivos e hipótesis

En este capítulo se busca elaborar un modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra en función de los aspectos estructurales y florísticos de las comunidades vegetales de las dunas costeras que sea de aplicación regional y comparar el estatus de conservación de los diferentes paisajes de la costa de dunas pampeana (objetivos particulares 3 y 4 de la tesis).

Específicamente se busca: 1) perfeccionar el modelo de sucesión espacial de comunidades en el gradiente mar-tierra aplicable para la costa pampeana, basado en el modelo de Jörg Pfadenhauer (1993) y 2) evaluar el grado de conservación que poseen los diferentes sectores de la costa de dunas pampeanas.

5.3 Materiales y Métodos

5.3.1 Diseño de muestreo

El diseño del muestreo se explica con detalle en el capítulo 4 de éste volumen. Para este análisis se utilizó el mismo set de datos.

5.3.2 Análisis de diversidad

Con el fin de estimar la heterogeneidad de las comunidades vegetales de las costas de dunas pampeanas se utilizó un índice de diversidad, la riqueza específica y la equitatividad de especies en cada tipo de geoformas, en cada región y en cada sitio. Si bien se calcularon riqueza y equitatividad para permitir comparaciones con otros trabajos (especialmente con Carboni 2006, Carboni et al.2009), cabe destacar que cuando la relación subyacente de la abundancia de la especie y el número de individuos de la especie en el universo de muestreo son desconocidos, ni la riqueza ni el equitatividad puede ser estimada. Es la heterogeneidad, que combina las medidas de la riqueza y del equitatividad, el concepto que debe ser utilizado (Peet 1974).

La riqueza se calculó como el número de especies diferentes en un determinado sitio. Donde la determinación no llegó hasta el nivel de especie se utiliza para su cálculo el taxón al máximo nivel de determinación accedido.

La diversidad se calculó a partir del índice de Shannon-Weaver por ser la expresión que quizá tenga más ventajas, basada en la teoría de la información (Margalef 1974) y debido a que este índice (H′) toma en cuenta el número de especies y la equitatividad o uniformidad de la distribución del número de individuos en cada especie, dando así una medida de la heterogeneidad de la comunidad (Peet 1974):

$$H' = - \sum^{n=1} (pi \ln pi)$$

Donde:

n = número de especies

pi = frecuencia relativa de la especie i en el área de estudio (cantidad de registros de presencia de la especie/cantidad de registros totales).

La equitatividad se obtuvo a partir de fórmula de Pielou (1966), ampliamente utilizada para estimar dicho parámetro (“evennes”):

$$J = H'/H_{max}$$

H_{max}= ln(n) implica el máximo valor de H en un sitio con n especies.

J=0 indica un sistema con una sola especie.

J=1 indica un sistema con distribución similar de todas las especies.

5.3.3 Análisis multivariado

Se utilizó el mismo set de datos que en el capítulo 4 aplicando la misma transformación sugerida por Van der Maarel (2007).

Análisis de Correspondencia con extracción de tendencia (DCA- segundo nivel)

Para analizar la distribución de cobertura de las especies en las diferentes parcelas dentro de cada región por separado se buscó un análisis de ordenamiento apropiado. A partir de los resultados obtenidos en el capítulo 4 se eligió el DCA como el protocolo

más útil para dicho objetivo. Se efectuó el mismo tipo de análisis que en el capítulo 4 pero esta vez en cada grupo de datos de correspondiente a cada región por separado.

Análisis de agrupamiento (*cluster analysis*- segundo nivel)

El análisis de agrupamiento efectuado fue similar al realizado en el capítulo 4, excepto que se utilizó la distancia dada por el coeficiente de Sørensen (también conocido como el coeficiente Czekanowski o Bray-Curtis) en lugar de la distancia relativa euclidiana. Si bien Johnson (2000) sugiere que la distancia euclidiana relativa es recomendable para todo tipo de agrupamiento, el coeficiente de Sørensen se considera útil en ecología de comunidades porque retiene mayor sensibilidad en grupos más heterogéneos de datos dando menor peso a los datos aberrantes (McCune y Mefford 1999), aunque requiere que los datos sean valores positivos. El método de agrupamiento en todos los casos fue el del vecino más lejano (*farthest neighbor*).

Twinspan

Se realizó un segundo análisis del set de datos por sitio, efectuando en el mismo algoritmo un ordenamiento, una clasificación y un análisis de especies indicadoras, utilizando el protocolo TWINSPAN del programa PCord (McCune y Mefford 1999).

A continuación se ofrece una explicación detallada del método utilizado:

Se corrió un análisis de especies indicadoras de dos vías (*two way indicador species análisis* o TWINSPAN). Este análisis construye tablas de doble vía donde las parcelas y las especies se muestran ordenadas. Dentro de su algoritmo incluye la clasificación de datos de manera divisiva jerárquica y la conversión de datos clasificados en un ordenamiento de tipo CA (*correspondence analysis*, ter Braak 1987). Luego, a los datos clasificados y ordenados se les asignan atributos de preferencia de grupos y se vuelve a clasificar y ordenar. Este método de ordenamiento y clasificación para la obtención de tablas ordenadas de una manera relativamente objetiva es preferido a otros análisis de especies indicadoras porque éste toma en cuenta tanto a los sitios como a las especies en su algoritmo (Hill y Smilauer 2005). Dado que las dimensiones de la tabla final no permiten un análisis sencillo de la salida, se presentan sólo los resultados de éste análisis para cada sitio por separado.

5.3.4 Riqueza de bordes y conectividad gamma

Para el cálculo del índice de conectividad se parte del supuesto de gradiente mar-tierra en las comunidades vegetales de las dunas costeras. Este gradiente se supone que se mantiene en un paisaje prístino. Cuando este gradiente se invierte o se interrumpe ello se atribuye a un deterioro del ambiente. Si este gradiente se presenta en su estado óptimo, entonces la conectividad entre las diferentes comunidades (o ambientes) es baja. Si el gradiente no se mantiene la conectividad aumentará, pues se presentarán contactos entre diferentes ambientes sin respetar la escala del gradiente mar-tierra.

Para medir esa conectividad se siguió la metodología propuesta por Carboni (2006) y Carboni et al. (2009). Para ello se utilizó el siguiente índice de conectividad:

$$\gamma = L / 3\,(V-2)$$

L= número de ligamientos (contacto entre comunidades)

V = número de nodos (comunidades) presentes

3(V-2) = máximo número de ligamientos posibles considerando la cantidad de nodos presentes.

Éste índice tiene valores de 0 a 1, donde en 0 no hay contacto entre diferentes comunidades y en 1 en que se da el máximo de contactos diferentes posibles.

Primero se definió un gradiente natural a partir de bibliografía y luego se esquematizaron los diferentes ambientes (con sus respectivas comunidades) para cada transecta. Para definir a qué tipo de ambiente pertenece cada cuadrante se utilizaron los resultados del TWINSPAN y del análisis de agrupamiento, previamente realizados.

5.4 Resultados

5.4.1 Análisis de diversidad

La mayor riqueza específica fue encontrada en los bajos interdunales, en la región BMA y en particular en el sitio Coronel Dorrego. La máxima diversidad también se encontró en los bajos interdunales, y la mínima en las playas. La equitatividad varió entre las geoformas notablemente, siendo máxima en los cordones litorales y mínima en las playas (tabla 5.1).

Tabla 5.1: Diversidad de las comunidades vegetales del área de estudio en cada tipo de geoformas, en las dos regiones estudiadas y en cada sitio muestreado. H': índice de diversidad de Shannon; J: Equitatividad; S: Riqueza específica.

Diversidad						
Según geoforma						
	Activas	Fijas	bajos	playas	Cordones	
H':	3,18	3,82	3,85	1,51	3,33	
J:	0,84	0,86	0,85	0,78	0,94	
S:	44	85	91	7	34	
Según región						
	BMO			BMA		
H':	3,54			3,95		
J:	0,85			0,86		
S:	63			98		
Según sitio						
	CCh	PM	MCh	SC	CD	PC
H':	3,18	3,38	3,28	3,24	3,84	3,54
J:	0,92	0,92	0,88	0,89	0,89	0,91
S:	32	40	41	38	75	50

En las dos regiones tomadas en conjunto se encuentran valores de diversidad y equitatividad similares, pero tomando cada sitio por separado se encuentra que la riqueza se concentra en Coronel Dorrego, donde también se observa la máxima diversidad. La máxima equitatividad en cambio la presentan Costa Chica y Punta Médanos.

5.4.2 Análisis multivariado

Análisis de Correspondencia con extracción de tendencia (DCA- por regiones)

Región BMO

El análisis de correspondencia con extracción de tendencia presentó autovalores de 0.817 y 0.388 respectivamente para los ejes 1 y 2. La varianza total fue de 6.3599, absorbida en un 12.8% por el eje 1 y un 6.1% por el eje 2. Los coeficientes de determinación para la correlación entre distancias de ordenamiento (original versus ordenada) arrojaron valores muy bajos (0.002 y 0.015 para los tres ejes 1 y 2 respectivamente). Para el eje 1, las correlaciones de Pearson y Kendal de los ejes del ordenamiento con las variables CTV y "riqueza específica" fueron significativas al 1% (tabla 5.2).

La riqueza específica y cobertura vegetal total tienden a aumentar hacia donde se concentran las parcelas ubicadas en bajos interdunales (figura 5.2). Ello concuerda con los valores elevados obtenidos en los índices de biodiversidad y riqueza para los bajos interdunales.

Tabla 5.2. Correlaciones de Pearson y Kendal para las variables consideradas y el eje 1 del DCA. n = 84, valor crítico de 0.280 (1%). NS: no significativo. Di: Distancia al mar desde el inicio del parche. CTV: Cobertura vegetal total.

Variable	**r^2**	**Significancia**
largo del parche	0.013	NS
Di	0.027	NS
CTV	0.491	$p < 0.01$
riqueza específica	0.511	$p < 0.01$

Región BMA

El análisis presentó autovalores de 0.850 y 0.598 para los ejes 1 y 2 respectivamente. La varianza total fue de 14.2482, con un 5.97% absorbido por el primer eje y un 4.20% por el segundo. El porcentaje de varianza explicada nuevamente es muy bajo dado, lo cual se observa también en los coeficientes que arrojó la correlación entre matrices, los cuales fueron de 0.001 y 0.072 respectivamente. Las correlaciones de Pearson y Kendal para el eje 1 con las variables CTV y "riqueza específica" fueron significativas al 1 y 5% respectivamente. La correlación con Di dio no significativa pero el coeficiente es cercano al valor crítico. El coeficiente para "largo de parche" en cambio es claramente no significativo (tabla 5.3).

A partir del diagrama obtenido de la salida del DCA (figura 5.3) resulta evidente que la mayor variabilidad es explicada por los datos provenientes de Coronel Dorrego. Asimismo se observa que el sitio San Cayetano y las geoformas activas se concentran en el sector positivo de ambos ejes, en sentido opuesto al que apunta la línea de tendencia de cobertura vegetal. Cabe mencionar que es notable la posición de *Neosparton ephedroides* que se segrega del resto de las especies hacia el extremo negativo del eje 2. Del lado positivo del eje 1 se observan en su mayoría las especies psamófilas, mientras que las higrófilas y halófilas se encuentran en el sector negativo del eje 1.

Tabla 5.3. Correlaciones de Pearson y Kendal para las variables consideradas y el eje 1 del DCA. n = 172, valores críticos en el rango de 0.138 a 0.159 (5%) y de 0.181 a 0.208 (1%). NS: no significativo. Di: Distancia al mar desde el inicio del parche. CTV: Cobertura vegetal total.

Variable	**r^2**	**Significancia**
largo del parche	0.079	NS
Di	0.117	NS
CTV	0.536	$p < 0.01$
riqueza específica	0.207	$p < 0.05$

Análisis de agrupamiento (*cluster analysis*)- segundo nivel

El análisis de agrupamiento efectuado para cada sitio por separado se realizó sobre el conjunto de datos ordinales transformados siguiendo a Van der Maarel (2007).

Región BMO

A continuación se presenta el análisis de los resultados gráficos obtenidos para los tres sitios relevados de la región BMO. Los dendrogramas se encuentran en la sección 5.7

En el dendrograma para **Costa Chica** (figura 5.4 A) se observan 5 grupos con una distancia objetiva de 50%. En los mismos, las geoformas activas se segregan del resto, conformando los dos primeros grupos casi en su totalidad (excepto por CCh14, que es una geoformas fija). El tercer grupo es mayormente conformado por los bajos interdunales y el cuarto y quinto constituyen las geoformas fijas o semfijas.

En **Punta Médanos** (figura 5.4 B) también se obtuvieron 5 grupos. En este caso fueron los bajos interdunales conformaron un grupo casi puro (último grupo de la parte inferior del gráfico). El resto lo conforman cuadrantes de geoformas activas, los dos cuadrantes de geoformas fijas se agrupan con ellos. Sólo se registró un cuadrante en playa, el cual segregó sólo.

En **Mar Chiquita** (figura 5.4 C) en cambio se encuentran 8 grupos a la misma distancia objetiva (50%), presentando un patrón mucho más claramente asociado a la geomorfología. El primero y los dos últimos grupos (contando desde la parte superior del gráfico) son mayormente comunidades psamófilas (de geoformas activas). El segundo y el sexto corresponden a comunidades de mayor cobertura vegetal, propias de geoformas fijas. El tercero agrupa cuadrantes provenientes de bajos (comunidades dominadas por especies higrófilas) y el cuarto agrupa las comunidades de playa distal. En el caso del quinto grupo, que congrega a las parcelas MCh9, MCh 29 y MCh 38, se corresponde a comunidades de muy baja cobertura donde la especie en común es *Calycera crassifolia*.

Región BMA

A continuación se presentan el análisis de los resultados gráficos obtenidos para los tres sitios relevados de la región BMA. Los dendrogramas se encuentran en la sección 5.7.

El análisis de agrupamiento para el sitio **San Cayetano** (figura 5.5 A) presenta seis grupos con distancia objetiva de 50%. Dado que la mayor parte de las parcelas corresponden a geoformas activas, las parcelas provenientes de las mismas abarcan los grupos 2, 3 y 4, contando desde la parte superior del gráfico. El grupo 1

corresponde a la comunidad de *Spartina ciliata* de las playas distales, y los dos últimos a los ambientes con mayor cobertura vegetal (geoformas fijas y bajos).

En **Coronel Dorrego** (figura 5.5 B) se cuenta con más clases geológicas (hay cordones litorales de conchillas, a diferencia de los demás sitios) y más parcelas muestreadas, por lo tanto la resolución del análisis en el mismo nivel de distancias objetivas es mucho mayor, contando 17 grupos en total. Las parcelas CD36, CD 59 y CD 69 se segregan en tres grupos de una única parcela cada uno. Éstos corresponden a un montículo semifijo de muy baja cobertura (con 30% de *Cortaderia selloana*), un sector de planicie arenosa elevada con cobertura de *Baccharis juncea* y acompañantes halófilas, y un bajo interdunal muy atípico (dominado por *Schoenoplectus californicus* y con *Bacopa monieri*, *Chenopodium macrospermum* y *Paspalum vaginatum* como acompañantes). Las parcelas de playa distal dominados por *Spartina ciliata* se concentran en el primer grupo. Las comunidades psamófilas o xerófilas con mayor cobertura vegetal se congregan en los grupos 2, 11, 12 y 13 y los últimos tres, ocupando geoformas fijas o semifijas. Un grupo puro de bajos se encuentra en la séptima posición, y los otros grupos que contienen parcelas provenientes de bajos (grupos número 13 y 14) contienen también parcelas de los bajos entre cordones litorales, siempre provistos de especies higrófilas.

Por último, el análisis del sitio **Pehuen-có – Monte Hermoso** (figura 5.5 C) genera 9 conjuntos de parcelas con distancia objetiva del 50%. El primer grupo reúne las parcelas de playa, en el segundo las parcelas provienen de geoformas activas y en el tercero de geoformas fijas; al sexto y décimo los conforman los bajos interdunales. Las parcelas PC9, PC19 y PC38 se segregan del resto formando cada uno un grupo de una sola parcela. El primero corresponde a un bajo dominado por *Ploypogon imbervis* y *Eleocharis macrostachya.* El segundo es una duna fija con alta cobertura de *Glyzyrrhiza astragalina* y 9 especies acompañantes y el tercero corresponde a una parcela de montículo semifijo con 60% de cobertura en su mayoría correspondiente a *Achyroclyne satureioides*. El cuarto y el octavo grupo no siguen a simple vista un agrupamiento claro en cuanto a la geomorfología. El cuarto reúne parcelas que contienen *Cortaderia selloana* y *Tessaria absinthioides*, de los cuales dos son provenientes de dunas fijas y dos de bajos interdunales secos, y una parcela de duna activa que es la única en todo el estudio que contiene *Pinus* sp y *Eucaliptus* sp. El octavo grupo también está constituido por dos parcelas de geofromas fijas y dos de bajos secos, y son comunidades de *Poa lanuginosa* con *Glyzyrrhyza astragalina*.

Twinspan

A continuación se describen los resultados ofrecidos por el análisis de TWINSPAN para cada sitio con sus tablas de doble entrada. Los niveles de corte de pseudoespecies utilizados fueron de 0, 2, 5, 10 y 20, adecuados para retener información cuantitativa de los datos porcentuales (McCune y Mefford 1999).

Costa Chica

Comunidades que se segregan en la tabla de doble vía (tabla 5.4)

El primer nivel es indicado por la especie *Solidago chilensis* y segrega dos grupos, dejando la estepas en uno (geoformas activas o semifijas, grupo 2) y los ambientes de mayor cobertura vegetal en el otro (geoformas fijas y bajos, grupo 1).

En el segundo nivel se pueden identificar cuatro grupos, a saber:

A) Cortaderales. Pajonales donde domina *Cortaderia selloana*. La cobertura vegetal ronda el 100% y corresponde con bajos interdunales o sectores que bordean a los bajos.

B) Pastizales con leñosas. Pastizales mixtos con predominancia de herbáceas y de arbustos xerófilos. La cobertura vegetal suele ser mayor al 50%, con lo cual corresponde a geoformas fijas. Es característica la presencia de *Baccharis genistifolia* aunque la indicadora es la ausencia de *C. selloana* (figura 5.8).

C) Estepas mixtas psamófilas (BMO). Ambientes que nunca llegan a 100% de cobertura vegetal, donde predominan herbáceas y arbustos o subarbustos. El sustrato suele ser arenoso y tener movilidad. Son indicadas por la presencia de *Senecio crasiflorus*. La cobertura vegetal es variable, correspondiendo con geoformas activas o semifijas.

D) Estepa herbácea psamófila (BMO). Estepas herbáceas, con ausencia de formas leñosas. La especie característica de estos ambientes es *Panicum racemosum* aunque la misma no resultó indicadora por estar presente también las estepas mixtas. La cobertura vegetal suele ser baja y corresponde generalmente a geoformas activas.

Tabla 5.4: Salida de Twinspan para los datos correspondientes al sitio Costa Chica. Se señalan los dos primeros niveles de división. En negrita se indican las especies indicadoras de los respectivos grupos.

Twinspan - Costa Chica

Cuadrante CCh:	12	26	10	18	18	17	11	16	14	17	13	13	14	19	11	12	15	15					
	1														2								
	A				B							C			D								
Cortaderia selloana	**5**	**5**	**5**	**5**	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	1	0	0	0		
Cruciferae (Indeterminada)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	0
Eringium ekmanii (?)	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	0
Eringium paniculatum	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	0
Daucus pusillus	1	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	1
Centaurium pulchellum	2	1	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	1
Anagalis arvensis	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	
Gamocheta americana	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	
Agalinis communis	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	
Blackstonia perfoliata	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	
Cirsium vulgare	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	
Melilotus albus	2	-	2	4	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1	0	
Androtrichum tryginum	4	2	4	5	4	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1	0	
Polypogon monspeliensis	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	1	1	
Carpobrotus edulis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	0
Vulpia myuros	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	0
Adesmia incana	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	0
Margyricarpus pinnatus	-	-	-	-	3	1	-	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	0
Poa lanuginosa	-	-	-	3	5	4	5	5	4	2	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	0
Baccharis genistifolia	1	3	-	-	2	1	4	5	5	2	5	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	0	1
Ambrosia tenuifolia	2	2	-	-	-	-	1	2	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Solidago chilensis	**2**	**2**	**-**	**1**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1	0
Achyrocline satureioides	-	1	-	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1	1
Tessaria absinthioides	1	-	-	2	2	4	-	3	5	4	5	-	-	1	-	-	-	-	0	1	0	1		
Hydrocotyle bonariensis	3	2	3	3	-	-	3	3	1	4	-	-	1	-	-	-	-	-	0	1	0	1		
Oenothera mollissima	-	1	-	1	-	2	2	2	1	-	1	-	2	-	-	-	-	-	0	1	1			
Senecio crassiflorus	-	-	-	1	-	-	3	3	3	5	5	**4**	**3**	**2**	-	-	1	-	1	0				
Panicum racemosum	-	-	-	-	3	1	-	5	-	1	-	4	5	2	2	1	1	1	1	1	0			
Cakile maritima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	1	1	2	-	-	1	1	1	1	0		
Calycera crassifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	1	1	0	
Conyza primulifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	
Melilotus indicus	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1						
	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1						
	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1						
					0	1	1	1	0	1	1				0	1	1							
						0	1	1																

Punta Médanos

Tabla 5.5: Salida de Twinspan para los datos correspondientes al sitio Punta Médanos. Se señalan los dos primeros niveles de división. En negrita se indican las especies indicadoras de los respectivos grupos.

Twinspan - Punta Médanos

Cuadrante PM:	18	13	17	15	17	19	10	14	12	18	14	16	16	11	12	11						
	1															2						
	A													B		C						
	a						b						c	d		e						
Asteraceae indeterminada	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Conyza primulifolia	-	2	2	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Ambrosia tenuifolia	-	-	5	1	2	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0
Gamochaeta filaginea	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Plantago major	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Eringium ekmanii (?)	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Eringium paniculatum	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Centaurium pulchellum	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Cirsium vulgare	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Carduus acanthoides	2	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	1
Cortaderia selloana	**4**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	0
Typha sp.	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	1
Eleocharis macrostachya	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	1
Imperata brasiliensis	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	1
Eringium sp.	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	1
Juncus acutus	2	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	1
Equisetum giganteum	4	2	2	2	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	1	1
Hydrocotyle bonariensis	4	3	4	3	3	3	2	2	2	1	-	-	1	-	-	-	0	0	0	1	0	
Melilotus albus	-	4	5	2	1	1	1	1	2	1	-	-	-	-	-	-	0	0	0	1	1	0
Melilotus indicus	-	2	2	3	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	0	0	0	1	1	1
Androtrichum tryginum	**4**	**4**	**4**	**3**	**3**	**5**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**-**	-	-	-	-	0	0	0	1	1	1
Lepidium bonariense	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	0
Baccharis genistifolia	-	1	-	2	-	2	3	2	1	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	1
Tessaria absinthioides	-	-	-	1	1	4	1	2	4	-	3	-	-	-	-	-	0	0	1	0	0	1
Solidago chilensis	-	1	2	2	-	1	3	2	2	1	-	2	-	-	-	-	0	0	1	0	0	1
Tamarix ramosissima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	0	0	1	0	1	0
Oxipetalum solanoides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	0	0	1	0	1	0
Achyrocline satureioides	-	-	-	1	-	-	1	-	2	4	-	2	-	-	-	-	0	0	1	0	1	0
Hypochaeris chondrilloides	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	1
Senecio madagascariensis	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	1
Margyricarpus pinnatus	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	1
Gamochaeta americana	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	1
Adesmia incana	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0	0	1	0	1	1
Poa lanuginosa	-	-	-	-	-	-	-	3	4	3	-	3	-	-	-	-	0	0	1	0	1	1
Calycera crassifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**	**2**	-	0	0	1	1	0	0
Panicum racemosum	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	2	3	5	5	2	-	0	0	1	1	0	0
Senecio crassiflorus	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	0	0	1	1	0	1
Oenothera mollissima	-	-	-	-	-	-	2	1	-	2	2	2	1	-	-	-	0	0	1	1	1	
Cakile maritima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	1	0	1				
Spartina ciliata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**1**	1					
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1						
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1							
	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1							
	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1										
		0	0	1	1	1	0	0	0	0	1											

En el análisis de TWINSPAN de los relevamientos en Punta Médanos (tabla 5.5) el primer nivel separa una parcela del resto, indicado por la presencia de *Spartina ciliata*. Esa parcela corresponde a una playa distal, la única en muestreo ya que presentó

cobertura vegetal. El segundo nivel separa tres grupos en función de *Androtricum trigynum*, dejando las estepas en un grupo (geoformas activas), los ambientes de mayor cobertura en otro (bajos y geoformas fijas) y la playa distal en otro. Se encontró que el tercer nivel de división tenía consistencia con las comunidades observadas en campo. En este nivel se encuentra en total cinco grupos de parcelas, a saber:

a) Cortaderales. (Ídem grupo "A" de Costa Chica).

b) Pastizales con leñosas. (Ídem grupo "B" de Costa Chica).

c) Estepa mixta psamófila (BMO). (Ídem grupo "C" de Costa Chica).

d) Estepa herbácea psamófila (BMO). (Ídem grupo "D" de Costa Chica).

e) Estepa de *Spartina ciliata*. Ambiente típico de playa distal, de muy baja riqueza específica y baja cobertura vegetal. La especie indicadora es *S. ciliata*.

Mar Chiquita

En Mar Chiquita, las parcelas analizadas (tabla 5.6) se subdividen en dos grandes grupos en función de la presencia de un subarbusto, *Achyroclyne satureioides*. El gran grupo con presencia de esta especie se divide a su vez en dos: los bajos con cortaderas (*C. selloana*, grupo A) y los ambientes xerófilos con *Poa lanuginosa* (geoformas fijas o semifijas, grupo B). El gran grupo que no posee *A. satureioides* está constituido por comunidades psamófilas, es decir típicas de ambientes de dunas activas (o semifijas), y se subdivide en dos grupos, el primero (grupo C) posee cierto nivel de estabilidad otorgado posiblemente por mayor humedad, con lo cual las especies indicadoras con *H. bonariensis* en conjunto con *P. lanuginosa*. El otro grupo (D) posee menor cobertura específica y especies más adaptadas a ambientes de sequedad extrema, con ausencia de las dos especies indicadoras.

Se decidió realizar un tercer nivel de división con el fin de identificar las comunidades que albergan estos ambientes. Se obtuvieron ocho grupos del tercer nivel de división, a saber:

Tabla 5.6: Salida de Twinspan para los datos correspondientes al sitio Mar Chiquita. Se señalan los dos primeros niveles de división. En negrita se indican las especies indicadoras de los respectivos grupos.

Twinspan - Mar Chiquita

	1				2				
	A		B		C		D		
	a	b	c	d	e	f	g	h	
Cuadrante MCh:	52	46 11 27 23	25 24 45 53 44 13 26	28 59 21 22	18 41 51 14 17 39 40 55 56 57 58 10 3 49 8 54	6	42 2 20 43 5 50 7 4 47 36 37 48	19 35 29 9 38	
Melilotus indicus	2	1 - 1 -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - 1 -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 0
Asteracea (Indeterminada)	**1**	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Equisetum giganteum	-	- - - 3	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Conyza primulifolia	-	- - 1 -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Poaceae2 (indeterminada)	-	1 - - 1	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Agalinis communis	1	- - - 1	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Senecio madagascariensis	1	- - 1 -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Baccharis genistifolia	-	2 - 1 -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Centaurium pulchellum	1	1 - - 1	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Eleocharis macrostachya	1	2 - - 5	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Juncus acutus	1	- - - 2	- - - 1 - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Imperata brasiliensis	5	3 - 5 5	- - - 3 - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Cortaderia selloana	**3**	**5 3 3 2**	- 1 - 2 - 1 -	- - 1 -	- - - - - 1 - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 0 1
Typha sp.	1	- 2 - 1	- - - - - 1 -	- - 2 1	- - - - - - - - - - - - - - - -	1	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 0 1
Androtrichum tryginum	-	4 3 5 5	- 5 - 4 - - -	- 3 3 1	- - - - - 1 - - - - - - 2 - - 1	-	- - - - - - - 2 - - - -	- - - - -	0 0 0 1
Tessaria absinthioides	2	2 5 5 5	1 3 - 1 1 5 -	1 1 - -	1 - - 4 - - - - - - - 2 - - - -	1	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 0 1
Asteracea Inuleae (Indeterminada)	-	- - - -	1 - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 0
Baccharis sp.	-	- - - -	- 1 - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 0
Rumex sp.	-	- - - -	- 2 - - - - 1	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 0
Noticastrum decumbens	-	1 - - -	1 1 1 - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 0
Margyricarpus pinnatus	-	- - - -	2 3 1 1 - - -	1 - 1 1	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 0
Adesmia incana	2	1 - - -	- - 3 1 1 - -	- 1 - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 1
Gamochaeta sp.	1	- - 1 -	- 1 1 1 1 - 1	- - - 1	- - - - - - - - - - - - - 1 - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 1
Solidago chilensis	1	1 - 1 1	- 1 1 1 1 - 1	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - 1	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 0 1
Asteracea 2 (Indeterminada)	1	- - - -	1 - 2 1 1 1 -	- - - 1	- - - - - - - - - - - - - 1 - -	-	- - - 1 - - 1 - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 1
Achyrocline satureioides	**3**	**5 2 2 -**	**4 4 5 3 2 2 -**	**2 - 1 2**	- - 1 - - - - - - - - 1 1 2 1 -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 0 1
Hydrocotyle bonariensis	2	3 2 1 5	1 1 1 1 2 2 2	3 3 1 1	**1 - 1 1 1 1 1 - 1 - 1 1 1 2 - -**	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 0 1 1
Polygala cyparissias	1	- - 1 -	1 1 1 1 - - -	1 1 1 1	- - - 1 - 1 - - 1 - - 1 1 1 1 -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 1
Poa lanuginosa	-	- - - -	**4 2 2 4 4 2 1**	**3 2 - -**	**2 3 4 - - 4 1 1 1 1 - - - - - 2**	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	0 1
Polypogon imbervis	1	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - 1	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	1 0 0
Gnaphalium leucopleplum	-	- - - -	- - 1 - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - 1	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	1 0 1 0
Oenothera mollissima	-	1 1 1 -	1 1 1 2 1 1 1	1 - - 1	- - 2 2 - 2 1 - 2 - - 1 1 1 1 -	-	- - - 1 1 - - - - - - -	- - - - -	1 0 1 0
Senecio crassiflorus	-	1 - - -	1 - 1 1 1 - -	2 - - 1	1 1 2 - - - - - - - - 1 3 2 1 -	-	- - - 1 - - 1 - - - - -	- - - - -	1 0 1 1
***Distichlis* spp.**	-	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	**1**	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	1 1 0 0 0
Calystegia soldanella	-	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - 1 - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	1 1 0 0 1 0
Baccharis juncea	-	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - 1 1 - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - -	1 1 0 0 1 0
Schenoplectus americanus	-	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - 1 1 - - - - - - - - 1	1	- - - - - - - 1 - - - -	- - - - -	1 1 0 0 1 1
Cakile maritima	-	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - 1 1 1 1 - - - - 1 - - 1 -	1	- - - - 1 - 1 1 - 1 1 1	- - - - -	1 1 0 1 0
Calycera crassifolia	-	- - - -	- - - 1 - - -	- - - 1	- 2 - 3 1 1 1 1 2 1 1 1 - 1 1 -	-	- - 1 1 1 1 1 - - 1 1 3	1 1 1 2 1	1 1 0 1 0
Panicum racemosum	-	- - - -	- - - - - - -	**2 2 3 3**	3 3 2 3 2 4 1 1 - 1 4 5 5 5 5 5	-	**1 5 4 5 5 5 5 3 2 2 4 5**	1 - - - -	1 1 0 1 1
Poaceae X2 (Indeterminada)	-	- - - -	- - - - - - -	- - - -	- - - - - - - - - - - - - - - -	-	- - - - - - - - - - - -	- - - - 1	1 1 1
Spartina ciliata	5	- - - -	- - - 1 - - -	- 1 - -	- - 2 - - 1 - - - - - - - 2 - -	-	- - - - - - - 2 1 3 3 4	2 2 - - -	1 1 1
	0	0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	
	0	0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	
	0	1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0	1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 1 1 1 1	
		0 1 1 1	0 0 0 0 1 1 1	0 0 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1		0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1	0 0 1 1 1	
		0 0 1	0 1 1 1 0 1 1		0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1		0 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1	0 0 1	

a) Esta parcela corresponde a un bajo (pajonal de *Imperata brasiliensis*) con una composición específica diferente al resto de los bajos. Varias de las especies encontradas en esta parcela no pudieron ser determinadas hasta el nivel de especie, entre ellas se encuentra la especie indicadora. Por ello su clasificación se considera dudosa, obviándose este nivel de división. Se considera a esta parcela parte del grupo "b".

b) Reúne ambientes higrófilos, los Cortaderales (grupo "A" de Costa Chica) y los Pastizales de *Imperata brasiliensis*. Ambientes de alta cobertura vegetal que ocupan sectores bajos en las dunas, normalmente bordeando bajos interdunales o bien ocupándolos. En algunas parcelas domina *C. selloana*, en otros una asociación de *I. brasiliensis*, *Androtricum trygynum* y *Tessaria absynthioides*. Son indicadoras la presencia de *C. selloana* y la ausencia de *Poa lanuginosa*.

c) Ambientes de vegetación xerófila, conformado por Estepas mixtas xerófilas y Pastizales con leñosas (grupo "B" de Costa chica). Ambientes de dunas fijas o semifijas con cobertura variable, generalmente mayor a 50%, donde predominan *P. lanuginosa* y *Achyroclyne saturioides*. Es indicadora la ausencia de *P. racemosum*.

d) Ambiente de transición xerófilo-psamófilo. Son Estepas mixtas xerófilas con presencia de *P. racemosum* o Estepas herbáceas psamófilas con presencia de *A. satureioides*. La especie indicadora es *P. racemosum*. La cobertura suele ser menor a 50% y corresponde a geoformas activas en su mayoría.

e) Estepa mixta psamófila BMO (ídem grupo "C" de Costa Chica). En este caso, si bien domina *P. racemosum*, está acompañada por especies leñosas. La especie indicadora es *Hydrocotyle bonariensis* la cual se encuentra presente en baja cobertura, pero indica que en este caso si bien se trata de geoformas activas son ambientes que poseen una mínima estabilidad.

f) Constituye un bajo con inundación marina, donde se observan conchillas particuladas en su superficie.

g) Contiene dos tipos de ambiente, ambos psamófilos donde domina *P. racemosum*, las Estepas herbáceas psamófilas BMO (grupo "D" de Costa Chica) y los Pastizales psamófilos BMO. Ambientes de cobertura muy variable donde domina *P. racemosum*, la cual es también la especie indicadora.

h) Desierto de arena. Ambientes con muy poca vegetación, con ejemplares aislados de especies psamófilas. Característico de geoformas activas.

San Cayetano

El análisis de Twinspan para los datos provenientes del sitio San Cayetano (tabla 5.7) segrega en la primera división los ambientes de playa distal, con *Spartina ciliata* como especie indicadora, versus el resto de las parcelas. En este último grupo el siguiente nivel de división separa las parcelas de dunas activas y montículos frontales con baja cobertura vegetal de los ambientes más estables, en función de la presencia de *Poa lanuginosa*. El tercer nivel de división arroja los siguientes grupos:

Tabla 5.7: Salida de Twinspan para los datos correspondientes al sitio San Cayetano. Se señalan los dos primeros niveles de división. En negrita se indican las especies indicadoras de los respectivos grupos.

Twinspan - San Cayetano

Cuadrante SC:	14	15	14	15	14	15	18	13	16	13	12	13	16	17	13	19	15	17	18	10	12	12	17	18	19	12	14	14	15	19	10	17	10	13	18	14	16	16	11	17		
	1																																									
	A																																									
	a						b			B																																
	c																																									
	d																																									
	C																																									
	D																																									
	e																																									
	f																																									
Oenothera mollissima	**2**	**5**	**1**	**2**	**2**	**2**	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Distichlis spp.	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Margyricarpus pinnatus	-	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noticastrum marginatum	-	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Achyrocline satureioides	-	-	2	-	3	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Solidago chilensis	-	1	4	5	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Adesmia incana	3	5	5	2	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ambrosia tenuifolia	-	4	4	2	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hydrocotyle bonariensis	2	4	1	1	-	-	1	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poa lanuginosa	**2**	**2**	**5**	**5**	**5**	**5**	**4**	**-**	**2**	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hypochaeris glabra	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gamochaeta coarctata	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Centaurium pulchellum	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baccharis genistifolia	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecio madagascariensis	-	1	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Imperata brasiliensis	-	-	-	-	-	5	2	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cortaderia selloana	-	-	5	-	-	4	5	2	5	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baccharis salicifolia	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juncus aff. capillaceus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Juncus microcephalus	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phyla canescens	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sporobolus indicus	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agalinis communis	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Polypogon imberbis	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eleocharis macrostachya	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Melilotus albus	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Plantago lanceolata	-	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Poaceae 1 (Indeterminada)	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junucus tenuis	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Medicago lupulina	-	1	1	-	-	-	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Baccharis juncea	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Senecio bergii	5	1	-	1	2	2	-	-	-	2	2	2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gnaphalium leucopleplum	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tessaria absinthioides	5	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sporobolus rigens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	**3**	**1**	**3**	**3**	**4**	-	-	-	-	-	-	-
Panicum urvilleanum	-	-	-	-	-	-	-	-	4	**2**	**4**	**3**	**2**	**4**	**4**	**4**	**5**	**5**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**	**3**	**2**	**3**	**5**	**2**	**3**	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Calycera crassifolia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	2	-	1	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Spartina ciliata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	**2**	**2**	**1**	**1**	-	-	-

	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1			
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1			
	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1								
	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1								
			0	0	1	1				0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1									

a) Pastizales con leñosas (equivalente al grupo “B” de Costa chica). Domina *Poa lanuginosa* y es definido por la presencia del subarbusto *Oenothera mollissima*.

b) Reúne ambientes hidrófilos, los Cortaderales (equivalente al grupo “A” de Costa Chica) y los Pastizales de *Imperata brasiliensis*. Es indicadora la ausencia de *O. mollisima*. El grupo sería equivalente al “b” de Mar Chiquita, con *C. selloana* o *I. brasiliensis* como dominantes, pero las asociaciones son diferentes por poseer diferente conjunto de especies acompañantes.

c) Contiene dos tipos de ambiente, ambos psamófilos y dominados por *Panicum urvilleanum*: las Estepas herbáceas psamófilas BMA (equivalente al grupo “D” de Costa Chica) y los Pastizales psamófilos BMA. Ambientes de cobertura muy variable que ocupan geoformas activas y sectores semifijos de campos activos de dunas,

donde domina *P. urvilleanum*, la cual es también la especie indicadora. Este grupo sería funcionalmente equivalente al grupo "g" de Mar Chiquita pero con diferentes especies.

d) Este grupo también contiene ambientes psamófilos, compuestos por la asociación *Sporobolus rigens- P. urvilleanum*. *S. rigens* es la especie indicadora. Ocupa generalmente ambientes más expuestos a alta salinidad, como bajos entre dunas de muy baja cobertura y montículos de arena frontales al mar (figura 5.9).

e) y f) Estepa de *Spartina ciliata.* (Ídem grupo "e" de Punta Médanos).

El grupo e se unió al grupo f a posteriori por corresponder a cuadrantes del mismo tipo de ambiente (playa distal con estepa monoespecífica de *S. ciliata*), variando únicamente en el porcentaje de cobertura de *S. ciliata*.

Coronel Dorrego

En Coronel Dorrego el primer nivel de división de TWINSPAN (tabla 5.8) se define por la presencia de *H. bonariensis* y *Ambrosia tenuifolia*, separando cuadrantes ubicados en amientes de cierta estabilidad de aquellos que se encontraban en ambientes de sustrato más dinámico. En el segundo nivel el grupo que contiene a esta especie se subdivide en los bajos con alto nivel de humedad, deducido por la cantidad de especies higrófilas presentes (grupo A, con *Juncus acutus* como indicadora) versus las parcelas ubicados en sectores con menor disponibilidad de agua (grupo B). El otro gran grupo se divide entre las parcelas de la playa distal (grupo C, identificado por la presencia de *S. ciliata*) versus las parcelas dominados por *P. urvilleanum* (grupo D). En el tercer nivel de división, los grupos que se distinguen corresponden a las siguientes asociaciones:

Tabla 5.8: Salida de Twinspan para los datos correspondientes al sitio Coronel Dorrego. Se señalan los dos primeros niveles de división. En negrita se indican las especies indicadoras de los respectivos grupos.

Twinspan - Coronel Dorrego

	1				2				
	A		B		C		D		
	a	b	c	d	e	f	g	h	
Cuadrante CD:	5 6 5 6 6 1 1 2 6 7 1 3 3	1 2 3 4 6 7 8 8 8 9 3 4 5 5 9 6 9 9 9 4 7 2 2 3 3	4 5 1 7 8 8 8 9 6 9	5 6 9 1 2 1 7 9 2 3 4 4 4 4 9	4 4 8	5 1 2 5 6 7 5 3 7	2 3 3 1 2	5 8 1 7 8 7 1	
	9 0 7 1 9 4 7 5 8 2 5 7 9	9 8 8 0 3 8 0 2 4 9 1 8 0 2 5 7 3 6 8 6 0 6 7 0 2	9 1 6 9 1 3 5 2 2 4	3 6 1 8 0 x 1 7 9 3 5 7 3 4 0	2 1 7	6 1 0 1 4 4 3 8 4 5	3 4 7 6 1 4 3 6 9	5 5 8 2 6 8 9 7 3	
Sarcocornia perennis	- 4 5 2 - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	2 - - - - - - - 2 -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 0 0
Schoenoplectus americanus	- - 5 - - 5 5 5 5 4 - 5 3	- 5 4 - - 5 - - - - - 4 - - - - - - - - 4 - - - -	- - - - 2 3 - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	4 3 5 - - 1 1 - -	- - - - - - - - -	0 0 0 0
Melilotus albus	- - - - - - - - - - - - -	- 2 - 3 - - 2 3 3 - - - - - - - - - - - - 2 - 2 -	- - - - 2 1 - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - 2 -	0 0 0 1
Cortaderia selloana	- - - 5 - 5 5 - 5 5 3 - -	5 2 3 5 - 2 2 5 5 - - - - - - 5 3 2 - 2 2 3 - - -	- - - - - - - - - -	- - 2 - - - - - - - - - - - -	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - 5 - 1 - 1 2	- - - - - - - - -	0 0 0 1
Eragrostis aff airoides	- - - - - - - - - 4 - 3 -	- 2 2 - 2 - - 4 5 3 - 4 4 4 4 - 1 - 2 5 5 2 2 - 2	- - - 1 - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 0 0
Baccharis juncea	5 2 2 2 2 - 2 - - - - 4 4	- 2 5 2 2 2 5 1 5 1 3 3 2 2 - - 1 - - - - - - - -	- 2 - 1 - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	2 - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 0 1
Juncus acutus	**2 5 2 5 - - 5 - 5 5 2 5 -**	**5 5 5 5 2 5 5 5 5 5 5 5 5 5 2 5 2 3 5 5 5 - 2 -**	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	2 - -	2 - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 0 1
Cyperus laevigatus	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - 2 - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Pluchea sagittalis	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - 4 - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Blackstonia perfoliata	- - - - - - - - - - - - -	- - - 2 -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Carex vixdentata	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - 1 - - - - - 2 -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Agalinis communis	- - - - - - - - - - - - -	- 2 3 5 -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Medicago lupulina	- - - - - - - - - - - - -	- 2 2 2	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Centaurium pulchellum	- - - - - - - - - - - - -	2 2 2 2 - - - - - - - - - - - - - - - - - 2 - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Asteraceae 2 (Indeterminada)	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - 3 3 5 4 4 - - - - 4 - - 1 4 - - - - - -	- - - 3 - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Symphyotrichum squamatum	- 2 - - - - - - - - - 2 -	- 2 2 2 - 3 4 - 1 1 - - - - - - - - - - - 2 2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Eleocharis macrostachya	- - - - - 3 - - - - - 3 -	2 4 3 4 - - 4 3 2 - 4 2 2 2 - - - - - - - 2 - 4 5	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 0
Gamochaeta simplicicaulis	- - - - - - 2 - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Schoenoplectus californicus	- - - - 5 - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Trigolchin striata	- - - - 4 - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Bacopa monnieri	- - - - 5 - - - 2 - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Eleocharis elegans	- - - - - - - - - - - 2 -	- 2 -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Spartina densiflora	5 4 - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Xanthium cavanillesii	- - - - - - - - - 2 - - -	- 2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Chenopodium macrospermum	- - 2 - 5 - - - 2 - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Hypochaeris chondrilloides	2 - 2 - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - 1 - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Agrostis platensis	- - - - - - 2 - - - - - -	- - - - - - - - - 2 - - - - - - - - 1 - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Polypogon imberbis	- - - - 2 - - - - - - 2 -	- - 2 2 - - - - - 1 - - - - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Typha sp.	- - - - - - 2 - - - 5 5 5	2 - 2 -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Paspalum vaginatum	- - 2 - 5 - - - - 4 - - -	- - - - - - - 5 4 - - - 2 - 2 - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Baccharis pingraea	- - - - 2 - 2 - 4 3 - 2 -	- - - - - - - - - - - 2 3 - 5 - 2 - - - 5 - 2 - 2	2 - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 0 1 1
Sporobolus indicus	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - 2 - - 5 - -	- 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 0
Junucus tenuis	- 2 - 3 - - - - - - - - -	2 - - 3 2 - 2 2 2 1 - - - - - - 2 1 4 2 - 2 2 4 5	**2 2 2 1 2 2 1 1 - -**	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 0
Conyza primulifolia	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - - - 2 - - - - -	- 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 1 0
Gnaphalium leucopleplum	- - - - - - 2 - - - - - -	- 2 - -	2 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 1 0
Distichlis spp.	3 - 5 5 - - - - 2 - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 2 2 - 5 1 - - - -	5 5 - 2 - - - - 3 3	- - - - - - - - - - 2 2 - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 1 0
Ambrosia tenuifolia	**- - - - - - - - 2 - - - -**	**- 2 - - 2 3 5 1 - - - 2 2 4 4 4 2 1 1 2 2 2 3 5 2**	**5 5 - 4 4 - 1 3 2 2**	**- 2 1 - - 1 2 3 2 - 2 5 - - -**	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 1 0
Hydrocotyle bonariensis	**- - - 2 3 4 3 2 3 2 3 2 2**	**3 3 3 3 2 1 1 2 3 3 2 2 2 2 - 2 1 1 2 2 2 3 3 2 2**	**2 3 2 1 - 2 1 4 2 1**	**2 2 2 2 2 1 2 2 3 5 2 2 - 2 1**	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - 1	- - - - - - - 1 -	0 0 1 1 1 0
Poaceae X (Indetrminada)	- - - - - - - - - - - - -	- 5 -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - 2 2 - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 1 1
Imperata brasiliensis	- - - - - - - - - - - - -	**4 5 2 2 2 - - - - - 2 - 2 4 - - 5 5 5 5 5 5 4 5 5**	5 4 5 2 5 5 5 1 - 5	- - - 3 5 - 2 2 2 - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 0 1 1 1 1
Tessaria absinthioides	- - - - - - 2 - - - - - -	2 5 - - - - - - - - - - - - - - - - - - - 2 3 2 -	- 5 5 - - - - - - -	- - - 2 2 - - - 5 - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 0 0
Solidago chilensis	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - 1 1 1 1 - - 2 - - - 2 1 1 2 - 2 2 2 - 2	- - 3 5 5 2 5 - 2 3	- 2 - 2 2 4 3 4 2 2 - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 0 0
Baccharis genistifolia	2 - - - - - - - - - - - -	- - - - 3 - - - - - - - - - - - - 1 - - - - - - -	- - - - - - - - 5 2	- - - - 2 3 2 - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 0 1
Noticastrum diffusum	- - - - - - - - - - - - -	- -	- 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 0
Berroa gnaphalioides	- - - - - - - - - - - - -	- -	2 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 0
Cyperus reflexus	- - - - - - - - - - - - -	- -	2 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 0
Spergula ramosa ssp. ramosa	- - - - - - - - - - - - -	- -	2 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 0
Noticastrum sericeum	- - - - - - - - - - - - -	- -	2 - - 1 1 2 1 - 2 -	- - - - - - - - - - - 2 - - 1	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 0
Margyricarpus pinnatus	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - 1 - - - - - - -	2 2 - - - - - - 2 1	- - - 2 - 1 2 2 - - 2 - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 0
Cenchrus incertus	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - 1	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Stevia satureiifolia	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - 2 - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Plantago patagonica	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - 1 - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Aira caryophyllea	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - 2 - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Baccharis notosergila	- - - - - - - - - - - - -	- -	2 - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - 4 - - 2 -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Senecio filaginoides	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - 1 - - -	- - - - - 1 2 2 - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Schinus johnstonii	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - 2 - 1 2 1 - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Melilotus indicus	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - - 1 1 - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - 3 - 2 - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Discaria americana	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 1 1 - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - 2 - 5 - 1 - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 0 1 1
Achyrocline satureioides	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 5 2 4 - - - - - -	2 - - - - 2 - 1 - 3	- 2 1 2 2 2 - 1 - - 2 - 4 3 4	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 1 0
Oenothera mollissima	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - 1 - 2 -	- - 1 2 2 1 2 2 2 - - 2 2 - 1	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - 1 -	0 1 0 1 1 0
Aristida spegazzinii	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 1 - - - - - - - -	2 - - - - - - 1 - 2	- - 1 2 2 - 2 2 4 - 4 4 4 2 2	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 1 1 0
Baccharis divaricata	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 1 - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	**- - 2 2 2 5 4 5 - 4 5 5 3 5 1**	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 1 1 1
Schizachyrium spicatum	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 1 - - - - - - - -	- - 2 - - - 1 2 - 2	- 2 1 3 3 3 2 2 2 - 4 2 3 4 2	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 0 1 1 1
Senecio madagascariensis	- - - - - - 2 - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - 2 - - - - - - - - -	2 2 - - - - - - - -	- - - - - - - - - - 2 - 2 - -	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 1 0 0
Hyalis argentea	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - 5 - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	5 5 5 4 2 5 4 1 - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - 5	0 1 1 0 0
Conyza bonariensis	- - - - - - - - - - - - -	- - - - 5 - - - - - - - - - - - - - - - - 2 2 - -	- - - - - - - - - -	- 2 - - - - - - - - - - 2 2 -	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	0 1 1 0 1
Poa lanuginosa	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - - 3 3 - - - - - - -	4 - - 5 5 4 5 4 3 5	- 3 3 - 2 - - 5 - - 4 5 3 4 5	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - 1	- - - - - 5 5 - -	0 1 1 1
Gamochaeta coarctata	- - - - - - - - - - - - -	- 2 - - -	- - - - - - - - - -	- - - 2 - 1 - - - - - - - - -	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	1 0
Senecio bergii	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - 1 1 - - 1 - -	- 2 4 - - - - - 2 5 - - 4 - 2	2 - -	- - - - - - - - - -	- - - - - 1 - - 1	- - - - 4 - 3 4 -	1 0
Sporobolus rigens	- - - - - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - - 2 - - - - - - - - -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - 2 - 3 4 1	**3 4 3**	- - - - - - - - 1 1	2 - 4 - 2 2 2 2 2	2 - 3 - 3 - 3 - -	1 1 0
Panicum urvilleanum	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	2 - - - - 2 - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - 1 -	**- - - 1 1 - 1 1 1**	**2 2 4 3 5 5 2 5 4**	1 1 1 0
Calycera crassifolia	2 - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- 2 - - - - - - - - - - - - -	2 2 -	2 - 1 - - - - - - -	3 2 - 1 1 1 - 1 1	- 3 1 2 2 3 - - -	1 1 1 0
Tamarix ramosissima	- - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	- - -	- - - - - - - - 2 -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - -	1 1 1 1 0
Spartina ciliata	- - 4 - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	**4 4 4**	**3 2 2 2 3 2 2 2 1 2**	- - - - 1 1 - - -	- 3 2 - - - - - -	1 1 1 1 0
Salsola kali	2 - - - - - - - - - - - -	- -	- - - - - - - - - -	- - - - - - - - - - - - - - -	2 2 -	- - - - - - - - - -	- - - 1 - - - - -	- - 1 - - - - - -	1 1 1 1 1

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1
0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1
0 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1   0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 1 1 1   0 1 1 1 1 1 1 1   0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1   0 1 1 1 1 1   0 1 1 0 0 1 1 1   0 0 1 1 1   0 0 0 0 0 0 1   0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1

a) Juncales (Pajonal de *Juncus acutus*) con alta cantidad de especies higrófilas presentes. Puede co-dominar *Typha* sp y también puede contener amplios parches de *Cortaderia selloana*. Este grupo es característico de bajos interdunales de alta humedad e inundaciones periódicas de agua dulce. Es indicadora la ausencia de *Imperata brasiliensis*.

b) Pajonales de *J. acutus* con *I. brasiliensis*, la cual es indicadora del grupo. Estos ambientes suelen tener mayor complejidad estructural, con el estrato más bajo muy enriquecido en especies higrófilas como *Eleocharis machrostachya* y muy alta diversidad específica. Pertenecen a bajos interdunales donde la disponibilidad de agua es elevada sin estar inundados.

c) Pastizal de *I. brasiliensis*. Puede estar *Poa lanuginosa* como dominante también. Indicadora: *Juncus tenuis*. Corresponde a bajos interdunales con humedad media a baja.

d) Pastizales con leñosas y matorrales. La especie indicadora es el arbusto *Baccharis divaricata*. Suele co-dominar *P. lanuginosa* y/o *Hyalis argentea*. Se encuentran en geoformas fijas, ya sea cordones litorales o dunas fijas (figura 5.10).

e) Ambientes psamófilos compuestos por la asociación *Sporobolus rigens- P. urvilleanum*. *S. rigens* es la especie indicadora. (Ídem grupo "d" de San Cayetano).

f) Estepa de *Spartina ciliata*. (Ídem grupo "e" de Punta Médanos y "e-f" de San Cayetano).

g) Estepa herbácea psamófila BMA. En este grupo la especie dominante es P. urvilleanum pero la cobertura no supera al 50%. Típicamente ocupa geoformas activas.

h) Pastizal psamófilo BMA. Nuevamente la dominante en estas parcelas es *P. urvileanum*, la cual es también especie indicadora. La cobertura vegetal es alta, superando siempre el 50%. Ocupa dunas y montículos semifijos.

Los grupos "g" y "h" son en su conjunto similares al grupo "c" de San Cayetano.

Pehuen-có – Monte Hermoso

En el sector comprendido entre Pehuen-có y Monte Hermoso el análisis de TWINSPAN (tabla 5.3) genera dos grandes grupos definidos por la presencia o ausencia de *Panicum urvilleanum*. El grupo 1 (sin *P. urvilleanum*) se subdivide en el segundo nivel en dos grupos definidos por la ausencia (grupo A) o presencia de *Poa*

lanuginosa (grupo B). El grupo 2 a su vez segrega los ambientes de baja cobertura con presencia de *Hyalis argentea* (grupo C) de los pastizales de alta cobertura de herbáceas psamófilas (grupo D). EL tercer nivel de división permite distinguir los siguientes grupos:

Tabla 5.9: Salida de Twinspan para los datos correspondientes al sitio Pehuen-có – Monte Hermoso. Se señalan los dos primeros niveles de división. En negrita se indican las especies indicadoras de los respectivos grupos.

Twinspan - Pehuen-có - Monte Hermoso

Cuadrante PC:	a	b	c	d	e	f	g	h	
	2 4	3 3 2 3 1 1 2 2	1 1 1 1 1 2 3 1 2 3 3	3	1	3	2 2 2 3 2	1 3	
	1 0	4 7 9 2 5 9 7 8 2	3 0 4 6 8 3 0 9 0 1 3	3 5 6 4 8	2 8	9	6 7 2 5 7 6 1 4	1 5	
	1				2				
	A		B		C		D		
Cortaderia selloana	- 3	5 5 4 3 5 5 5 4 5	4 - - - - - - - - - -	- - 3 5 -	- -	2	- - - - - - - -	- -	0 0 0 0
Tessaria absinthioides	- -	2 - 2 2 2 - 4 2 2	5 - 2 - - - - - - - -	- - - - -	- -	1	- - - - - - - -	- -	0 0 0 1
Hydrocotyle bonariensis	- -	**2 2 3 2 3 3 2 2 2**	3 3 2 2 2 2 2 - - - -	- - - - 2	- -	-	- - - - - 2 - -	- -	0 0 0 1
Ambrosia tenuifolia	- -	- - - - 3 4 - - -	2 3 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 0
Melilotus albus	2 -	4 - - - - 2 - - 5	2 2 - - - - - 2 2 - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 0
Agalinis genistifolia	- -	- - - - - - - - 3	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 0
Carex vixdentata	- -	- - - - - 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 0
Polypogon imberbis	- -	- - - - - 5 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 0
Eragrostis aff airoides	- -	- - - - 4 - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 0
Eleocharis macrostachya	- -	- - - - 3 5 - - 2	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 0
Agrostis platensis	- -	2 - 2 - 3 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 0
Melilotus indicus	- -	- 2 - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Juncus micranthus	- -	- - 5 - 2 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Schoenoplectus americanus	- -	2 2 1 4 - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Juncus dichotomus	- -	4 5 2 2 - 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Typha sp.	5 5	2 2 4 - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Imperata brasiliensis	- -	5 5 5 5 5 - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Juncus acutus	- -	3 2 2 2 5 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 0 1 1
Centaurium pulchellum	- -	- - - - - 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - 2 -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 1 0
Senecio madagascariensis	- -	- - 2 - - 2 - - -	- - - - - - - - - - -	- - - 2 2	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 1 0
Achyrocline satureioides	- -	2 - 5 5 - - - - -	- - - - - - 2 3 - 2 2	2 - - 2 5	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 0 1 1 1
Bromus sp.	- -	- - - - - - - - 2	2 2 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 0
Clematis montevidiensis	- -	- - - - - - - - -	- 3 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Ephedra ocreata	- -	- - - - - - - - -	- 2 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Melica sp.	- -	- - - - - - - - -	- 2 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Senecio pinnatus var. pinnatus	- -	- - - - - - - - -	- 2 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Silene antirrhyna	- -	- - - - - - - - -	- 2 - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Plantago patagonica	- -	- - - - - - - - -	- 2 2 - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Discaria americana	- -	- - - - - - - - -	- 4 3 - - - 5 - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Margyricarpus pinnatus	- -	- - - - - - - - -	2 - 2 - - - - - - 2 -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Schinus johnstonii	- -	- - - - - - - - -	- 2 2 2 - - 2 - 2 - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Aira caryophyllea	- -	- - - - - - - - -	- 2 2 2 - 3 - - 2 - 2	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Senecio subulatus var. erectus	- -	- - - - - - - - -	- - 3 2 - - 1 2 2 2 2	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Aristida spegazzini	- -	- - - - - - - - -	- - - 2 2 3 - 3 3 3 3	2 - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Baccharis divaricata	- -	- - - - - - - - -	- - 2 3 3 2 3 2 3 3 2	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1
Adesmia filipes	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - 2 2	2 2 - 4 -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1 0
Oenothera mollissima	- -	- - - - - - - - -	- - - 2 2 2 2 2 2 2 2	2 2 - - 2	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1 0
Glycyrrhiza astragalina	- -	- - - - - - - - -	5 2 3 - 2 2 - 5 2 - -	5 - 2 5 -	- -	-	- - - - - - - -	- -	0 1 0 0 1 1
Solidago chilensis	- -	- 1 - 2 - 3 - - -	3 2 3 2 - 2 2 2 - 2 2	- - 2 - -	- -	2	- - - - - - - -	- -	0 1 0 1
Hyalis argentea	- -	- - - - - - 3 - -	**5 5 5 5 5 5 5 3 4 3 4**	2 2 - - 1	**1 2**	**2**	- - - 4 - 1 - -	- -	0 1 1
Poa lanuginosa	- -	- - - - - - - - -	**2 5 3 2 4 2 2 2 3 3 3**	**5 5 4 5 2**	- -	-	- - 3 2 2 1 - -	- -	0 1 1
Senecio bergii	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	2 2 - - -	- 2	1	- - - 2 4 1 - -	- -	1 0
Calycera crassifolia	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	1	- - 2 2 2 2 3 2	4 1	1 1 0 0
Panicum urvilleanum	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	**- 2**	**2**	**4 4 3 4 4 4 2 3**	**3 1**	1 1 0 0
Salsola kali	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - 2 -	- -	1 1 0 1 0
Spartina ciliata	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	- 2	1 1 0 1 1
Sporobolus rigens	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	-	- - - - - - - -	**3 2**	1 1 0 1 1
***Eucaliptus* sp.**	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	**1**	- - - - - - - -	- -	1 1 1 0
Pinus sp.	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	- -	1	- - - - - - - -	- -	1 1 1 0
Neosparton ephedroides	- -	- - - - - - - - -	- - - - - - - - - - -	- - - - -	1 2	-	- - - - - - - -	- -	1 1 1 1
	0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0	1 1	1	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1	
	0 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1	0 0	0	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1	
	0 0	1 1 1 1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	1 1 1 1 1	0 0	1	0 0 0 0 0 0 0 0	1 1	
		0 0 0 0 1 1 1 1 1	0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1	0 0 0 0 1			0 0 0 0 0 0 1 1		
		0 0 1 1 0 0 1 1 1	0 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 0 1			0 0 1 1 1 1		
		0 0 1							

a) Totorales. Pajonales con amplia dominancia de *Typha* sp. Suelen ocupar bajos interdunales de alta humedad, generalmente expuestos a inundaciones por lluvias.

b) Ambientes higrófilos. Este grupo reúne Pajonales de *C. selloana* y Pastizales de *I. brasiliensis*. (Ídem grupo "b" de San Cayetano)

c) Matorral de *Hyalis argentea* y estepas mixtas xerófilas. Ambientes de media a alta cobertura vegetal y moderada a alta diversidad específica. La especie indicadora es la dominante *H. argentea* y corresponde con geoformas fijas y semifijas (figura 5.11).

d) Pastizal de *Poa lanuginosa*. Ambientes con alta cobertura vegetal donde domina la especie indicadora *P. lanuginosa*. Se corresponde por lo general con geoformas fijas.

e) Estepa mixta psamófila (BMA). Este grupo es equivalente funcionalmente al grupo "c" de Costa Chica pero con diferentes especies. Dominan *H. argentea*, *P. urvilleanum* y *Neosparton ephedroides*. Corresponde típicamente a dunas activas.

f) Esta parcela fue separado del resto por el análisis por contener ejemplares arbóreos. Dos especies presentes, *Pinus* sp y *Eucaliptus* sp (ambas exóticas).

g) Pastizales y estepas herbáceos psamófilos, con dominancia de *P. urvilleanum* y alta cobertura en general. (Ídem grupo "c" de San Cayetano).

h) Asociación *S. rigens- P. urvilleanum.* (Ídem grupo "d" de San Cayetano).

5.4.3 Riqueza de bordes y conectividad gamma

A partir de los resultados obtenidos hasta aquí es posible elaborar un perfil modelo para la costa de dunas pampeanas, tomando como base los trabajos de Van der Maarel (1993) y Pfadenhauer (1993). Se propone entonces la siguiente secuencia de parches como modelo para las dunas costeras bonaerenses:

I. Playa – Estepa herbácea psamófila 1: Comunidad de *Spartina ciliata*
II. Duna frontal (y embrionaria) – Estepa herbácea psamófila 2/Estepa mixta psamófila: Comunidad *Panicum racemosum/P. racemosum – Senecio crassiflorus* en región BMO o *Panicum urvilleanum/P. urvilleanum- S. bergii* en región BMA.

III. Borde verde (sectores protegidos de las dunas frontales y primarias) – Pastizal psamófilo: Comunidad de *P. racemosum* en región BMO o *Panicum urvilleanum /Panicum urvilleanum- Sporobolus rigens.*

IV. Duna costera (cordón costero) móvil- Estepa desértica: desierto. Escasa vegetación o nula.

V. Zona baja de la duna activa/borde del bajo interdunal- Pajonal: pajonal de *Cortaderia selloana*.

VI. Bajo interdunal (primario) con humedal de marisma o lago- Pajonales: Pajonal de *Juncus acutus* seguido de Totoral (*Typha* sp)

VII. Duna semifija (pastizales, comunidades pioneras, subarbustos) → duna parabólica (parte frontal) – Estepa mixta xerófila/Pastizal con leñosas: ecosistemas de transición entre herbáceo puro y arbustivo puro. Incluye pastizales puros xerófilos. Comunidad de *Poa lanuguinosa*.

VIII. Bajo interdunal (secundario) con humedal de marisma o pajonal húmedo – Pajonales: Pajonal de *Juncus acutus* seguido de pastizales de *Imperata brasiliensis*.

IX. Duna parabólica (parte interna) → dunas fijas – Matorrales y pastizales densos con leñosas: comunidad de *Baccharis genistifolia/ P. lanuginosa* con *Achyrocline satureioides* en la región BMO y *B. divaricata/ Hyalis argentea/ P. launginosa* con variedad de formas arbustivas en la región BMA.

X. Dunas posteriores (pastizales y pajonales, humedales de pajonal). [no se llegó a muestrear/ no estaba presente]

En la figura 5.6 se presentan los resultados discriminando por sitio. Los números indicados en cada transecta corresponden a los definidos en el perfil ideal modelado. Cuando un grupo del TWINSPAN presentó más de un tipo de parche (ejemplo: estepa herbácea psamófila y pastizal psamófilo) se consideró para su clasificación el grupo de menor nivel (en el ejemplo: clase II), con lo cual la cantidad de nodos está subestimada, en especial las clases VII y VIII. En función de este modelo de perfil ideal (modelo) se puede calcular ahora la riqueza de contactos (n) y el índice que conectividad (γ) de cada transecta realizada. Los resultados se resumen en las figuras 5.6, 5.7 y la tabla 5.10

Tabla 5.10: Valores de los índices para cada transecta efectuada. n: riqueza de contactos entre diferentes comunidades; V: comunidades consideradas par el análisis, basadas en las clases del perfil modelo propuesto; γ mar-tierra: valor del coeficiente de conectividad en el gradiente natural propuesto tierra adentro; γ tierra-mar: valor del coeficiente de conectividad en casos de inversión de gradiente. En el caso de la última transecta se eliminó del análisis el parche de árboles para el análisis por no ser parte del gradiente natural considerado. A) sitios de la Region BMO. B) Sitios de la Región BMA.

A)

transecta	n	V	γ mar-tierra	γ tierra-mar
Costa chica				
1	4	4	0,666	0,166
2	3	4	0,5	0,166
3	3	4	0,333	0,166
Punta Médanos				
1	4	5	0,444	0,111
2	6	5	0,555	0,333
Mar Chiquita				
1	5	5	0,444	0,222
2	4	5	0,333	0,222
3	4	5	0,333	0,222
4	4	4	0,5	0,333

B)

transecta	n	V	γ mar-tierra	γ tierra-mar
San Cayetano				
1	3	4	0,5	0
2	7	7	0,4	0,133
3	5	6	0,333	0,166
4	5	5	0,555	0,333
5	3	4	0,5	0,166
Coronel Dorrego				
1	5	5	0,444	0,333
2	7	7	0,466	0,133
3	6	7	0,333	0,133
4	4	5	0,444	0,111
5	4	5	0,444	0,111
6	4	5	0,444	0,222
7	3	4	0,5	0,166
8	6	6	0,416	0,25
9	3	4	0,5	0,166
Pehuen-có - Monte Hermoso				
1	4	5	0,444	0,111
2	6	6	0,25	0,333
3	3	4	0,5	0,166
4	(5)	(6)	(0,25)	(0,166)

5.5 Discusión

Los resultados obtenidos en este capítulo sugieren que existe una relación directa entre flora y geomorfología en cada sitio estudiado de la costa pampeana. Esa relación puede describirse mediante un gradiente mar-tierra similar al propuesto por Van der Maarel (1993) y Pfandehauer (1993). Ambas afirmaciones se oponen a las hipótesis nulas 1 y 2 enunciadas en este capítulo.

Con respecto la tercera hipótesis nula, el resultado es poco claro para el estado de conservación de las dunas (del gradiente mar-tierra de comunidades) en cada sitio, pues el índice de conectividad resultó variable, sin máximos ni mínimos claros. Sin embargo todos los valores se mantuvieron por debajo de los valores presentados por Carboni (2009) para Europa, con lo cual no puede sostenerse que el estado de conservación de las dunas pampeanas sea similar al de las europeas, sino que es aparentemente mejor.

5.5.1 Relación entre la vegetación y la Geomorfología

Cordazo y Seeliger (1993) encuentraron que la clasificación de Doing (1985) se ajusta a sus estudios en las comunidades vegetales de las dunas costeras de Brasil. Estos autores utilizaron métodos multivariados (análisis de agrupamiento y DCA) para definir una zonación de las comunidades vegetales que resulta en dos grupos: aquellas localizadas en geoformas activas (dunas frontales) y aquellas ubicadas al resguardo, detrás de las dunas frontales, donde el sustrato es menos móvil. De igual manera, Musila et al. 2001 encontraron una distribución zonal también en dunas costeras en Kenya. Estos autores asocian los grupos encontrados mediante análisis multivariado a nueve unidades geomorfológicas distintas. En el presente trabajo, mediante el análisis de cada sitio por separado presentado en este capítulo, se pudo definir el patrón de distribución de vgetación asociado a la geomorfología local en cada uno de los mismos. Si bien resultó mucho más accesible a la interpretación el análisis provisto por el algoritmo divisivo (TWINSPAN) que el aglomerativo (*clusters*), éste último fue útil para analizar visualmente el ajuste de los grupos a las clases de geoformas.

El patrón de asociación entre la vegetación y la geomorfología es claro en Mar Chiquita, San Cayetano y Coronel Dorrego, pero no en Pehuen-có. Sin embargo el mismo patrón puede revelarse más fácilmente en ese sitio también, si se considera

que en algunos de las parcelas clasificadas como provenientes de bajos interdunales se ubicaban ambientes secos con escasas especies higrófilas, con lo cual podrían funcionan en el sistema geomorfológico como geoformas fijas. Esto último puede deberse a que dichos ambientes son bajos relativos a las microtopografía del entorno pero su elevación por sobre la napa freática sería significativamente mayor que la de los bajos húmedos. Por otra parte, en Punta Médanos y Costa Chica la cantidad de parcelas relevadas resultó escasa para la definición acabada de un patrón. En Costa Chica no hay más territorio muestreable en su entorno por lo cual se recomienda sumar otro punto de muestreo en la misma sección de la región (sección norte de la BMO), aunque la superficie total natural de esta sección es un factor limitante para el muestreo. En el caso de Punta Médanos podría efectuarse alguna transecta en su entorno inmediato dependiendo de la accesibilidad del mismo.

Los resultados de este estudio apoyan la apreciación de Cabrera (1941) y Pfadenhauer (1993) acerca del reemplazo de especies entre regiones, con *Panicum urvilleanum* reemplazando a *Panicum racemosum* en la costa sur en las dunas activas frontales de la costa. No se encontró *Baccharis gnaphalioides*, la cual Pfadenhauer (1993) presenta como representativa de las dunas en la región BMO, y *B. genistifolia* tampoco tuvo una dominancia clara en la región BMA por sobre otras formas arbustivas. Esto puede deber a que o bien Pfadenhauer muestreó en un sector donde las características edáficas favorecían el crecimiento de estas plantas pero no era representativo de toda la región costera (lo cual es muy probable en el caso de la región BMA ya que se cuenta con escasos estudios realizados en la vegetación de la misma y su geomorfología es muy heterogénea- véase capítulo 2) o bien este autor tomó datos a partir de otros autores que realizaron relevamientos décadas atrás y la morfología de la costa varió desde entonces, hallándose esos sitios modificados por actividad antrópica (siendo esta hipótesis adecuada para la región BMO, la cual ha sufrido un proceso de expansión urbana intensa en las últimas décadas, Dadon y Matteucci 2002).

Cabrera (1941) menciona también que la vegetación de las dunas de la costa austral es la misma que la de las dunas mediterráneas que se distribuyen desde el noreste del país hasta Río Negro. Considerando que hacia el oeste se encuentra la Provincia Fitogeográfica del Espinal, dominada por especies leñosas (Cabrera 1971) no es extraño encontrar este tipo de vegetación en las dunas australes. Asimismo, como se discutió en el capítulo anterior, este patrón pude estar asociado a que en las secciones CO y C existen paleodunas (parche asignado con el número X en la secuencia modelo

propuesta en este trabajo) que podrían contener una fuente de especies leñosas, si bien las transectas de muestreo no llegaron hasta ese sector en los paisajes relevados. Los sitios ubicados en las secciones C y CO presentaron comunidades vegetales dominadas por especies leñosas. Estas comunidades estuvieron ausentes en los relevamientos efectuados en la zona oriental de la región BMA (San Cayetano) y en toda la región BMO (los tres sitios). En el caso de Coronel Dorrego, las mismas no se separan en el TWINSPAN de los pastizales con leñosas, pero están presentes. En Pehuen-có – Monte Hermoso conforman un grupo en sí mismo. Con ello se puede responder a la pregunta mencionada en la introducción: el cambio en la vegetación con incorporación de leñosas es de carácter cualitativo, es decir, incluye la formación de comunidades adicionales.

La distribución de los datos provenientes de Coronel Dorrego en el análisis de correspondencia es evidentemente más amplia que la de los demás sitios. Ello puede deberse también a la mayor cantidad de relevamientos, pero puede estar reflejando la heterogeneidad natural del sitio. Por otra parte, el patrón de distribución de datos en el DCA muestra también que las parcelas provenientes de San Cayetano están disociadas en dos grupos, uno de los cuales se aleja de la línea de tendencia de la cobertura vegetal. Esto se relaciona a la gran proporción de ambientes de baja cobertura que se relevaron en San Cayetano. Más allá del área relevada se encuentra el arroyo Zabala y otros cuerpos de agua de menor envergadura. Es posible que al realizar más transectas en esta zona se modifique la distribución general de coberturas encontrada, cubriendo un espectro más amplio dentro del ordenamiento.

Por último, a la luz de la aplicabilidad de los resultados obtenidos, resulta relevante destacar la importancia que este trabajo tiene para la ecología de la conservación en las costas pampeanas. Por ejemplo, a partir de un estudio realizado en Nueva Escocia, sobre conservación de comunidades leñosas en zonas costeras, Oberndorfer y Lundholm (2008) enfatizan que el planeamiento de la conservación debería acentuar la protección de los gradientes ambientales correlacionados con la riqueza, la rareza y la estructura de la comunidad vegetal. Además, indican estos autores, las áreas protegidas deben incluir un gradiente costero-interior y una diversidad de los tipos del substrato. Sin trabajos de zonificación, caracterización y modelización, como el presentado en esta tesis, ello resultaría imposible.

5.5.2 Diversidad y Estado de Conservación

Las dunas de la costa de la provincia de Buenos Aires presentan un alto número de especies y diversidad de comunidades vegetales, considerando la región climática en la que se encuentra (no tropical). Los valores de diversidad de cada sitio resultaron por encima de 3 siempre. Ello implica un alto valor si se considera que se trata de comunidades edáficas (que no están cerca del clímax) dado que suelen tener valores bajos de diversidad. Un valor de 3,4 por ejemplo es el esperable en al estrato herbáceo de un bosque nativo en Norteamérica (Margalef 1979). Asimismo, el valor es alto si se compara este valor con las dunas de Italia estudiadas por Carboni (2006) y Carboni et al. (2009), en las que el mismo cálculo arrojó valores no superiores a 2.7. Los valores de equitatividad también resultaron superiores en los sitios de Buenos Aires, siempre por encima de 0.87, mientras que para Italia los valores no superaron ese número. Si bien el 15% de las especies de la zona que dan cuenta de esa diversidad corresponden a exóticas (véase capítulo 4, resultados generales), cabe mencionar que antes de la década de los ’40, Cabrera (1941) encontró varias especies adventicias en la zona costera por lo cual esto no constituye un fenómeno reciente. Sin embargo, a pesar de los altos valores de diversidad encontrados y la baja proporción de exóticas, es menester realizar actualizaciones periódicas de estos valores dado que la pérdida de diversidad de especies nativas y el ingreso de especies invasivas podría constituir una amenaza actual en la zona de estudio. De todas maneras, Faggi y Dadon (en revisión) encontraron que la riqueza específica de las dunas costeras pampeanas permaneció estable, si bien hubo recambio de algunas especies, desde hace 70 años.

El sitio más diverso y más rico en especies vegetales resultó ser la costa de Coronel Dorrego. A medida que la duna se fija, más y más especies vegetales son capaces de establecerse y crecer (Carter 1993), por lo cual se este resultado se asocia muy probablemente a la presencia del campo de dunas no operativo en la sección C de la región BMA. Es menester aclarar que, si bien la cantidad de muestras provenientes de ese sitio son más del doble en número que el resto, este valor está igualmente representando una flora efectivamente más diversa, dado que esa sección de la región BMA posee en sí una extensión mayor de área natural que el resto de los sitios, y mayor diversidad geomorfológica (véase módulo 1). De hecho, fue por esa razón que en Coronel Dorrego se duplicó el esfuerzo de muestreo en este trabajo. En todos los

sitios, excepto Mar Chiquita y San Cayetano, donde las limitantes fueron de índole logística, se efectuaron tantas transectas como fue permitido por los límites del área natural. En Costa Chica, Punta Médanos, Pehuen-có y Coronel Dorrego se dispusieron las transectas siguiendo límites naturales (ie: ríos) o urbanos (comienzo de zona urbana o de zona militar). Se sugiere ampliar en futuros trabajos las muestras en la zona de San Cayetano y la de Mar Chiquita para acceder a una mejor comprensión de la biodiversidad de las dunas pampeanas. A ello, debe sumarse que en el sector de Coronel Dorrego y hacia el oeste (secciones C, CO y O de la región BMA) el área costera se extiende varios kilómetros por detrás del sector muestreado (sector de campo de dunas no operativo, véase capítulos 2 y 3 para su descripción), con lo cual hace falta también incorporar a este estudio los ambientes de dunas parabólicas y lagunas de las barreras medanosas fijas que se encuentran en esa franja.

Los valores de riqueza de bordes y de índice de conectividad indican un estado de conservación variable y relativamente alto a lo largo de la costa. Sin embargo demuestran que el estado de conservación de las áreas muestreadas es alto, presentando un valor singular en lo que respecta a ecosistemas de dunas costeras. Costa Chica presenta valores de riqueza de bordes similares a los encontrados por Carboni et al. (2009) para el sitio Montalto (Italia), de n = 3.3. El resto de los sitios presenta valores superiores de riqueza de bordes, con un máximo en Punta Médanos y un valor constante superior a 4 en la región de la BMA. Ello implica una mayor heterogeneidad en las costas porteñas respecto de las europeas. En cuanto al índice de conectividad, los valores informados de conectividad mar-tierra para Italia son 0.531 y 0.589 para Montalto y Palidoro, los dos sitios estudiados por dichos investigadores. En este estudio la variable arrojó valores promedio menores a 0.5 (una transecta de Coronel Dorrego, una de Costa Chica y una de Punta Médanos presentaron valores superiores, pero los valores promedio no superan el 0.5 en ningún sitio). Los índices para el gradiente inverso informados por los autores son de 0.237 y 0.206 respectivamente, muy similares a los encontrados en este trabajo. Todo ello indica que el gradiente de ambientes propuesto como modelo se mantendría en muy buen estado en la costa pampeana.

5.6 Conclusiones

Los resultados obtenidos en este capítulo sugieren que existe una relación directa entre flora y geomorfología en cada sitio estudiado de la costa pampeana. Esa relación puede describirse mediante un gradiente mar-tierra similar al propuesto por Van der Maarel (1993) y Pfandehauer (1993).

El análisis de los seis sitios de la costa bonaerense efectuado en este trabajo permitió definir en cada uno el patrón de distribución de especies asociado a la geomorfología local. A partir del mismo, fue posible reelaborar el modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra propuesto por Pfadenhauer (1993). El modelo propuesto a partir de este trabajo consta de diez ambientes que se distinguen tanto por las comunidades que contienen como por su geomorfología típica.

El estado de conservación del gradiente mar-tierra de comunidades en cada sitio es variable, presentando un índice de conectividad sin máximos ni mínimos importantes. Sin embargo todos los valores se mantuvieron por debajo de los valores presentados por Carboni (2009) para Europa, con lo cual puede sostenerse que el estado de conservación de las dunas pampeanas es aparentemente mejor.

Respecto del estado de conservación, se encontró que las dunas de la costa de la provincia de Buenos Aires presentan un alto número de especies y diversidad de comunidades vegetales. El sitio más diverso y más rico en especies vegetales resultó ser la costa de Coronel Dorrego.

La metodología propuesta por Carboni et al. (2009) y Carboni (2006) ha demostrado ser sumamente útil para la evaluación del estado de conservación de ambientes costeros, siendo que permite comparar los resultados con los obtenidos por otros autores que utilizaron el mismo método.

5.7 Figuras

Figura 5.1: Esquema ejemplo de tres modelos de patrón espacial en un área costera, en la que coexisten 4 comunidades y su grado de conectividad y calidad asociadas. El caso 1 corresponde al estado prístino del paisaje y los casos 1 y 2 disminuyen progresivamente en calidad [extraído de Carboni et al. 2009].

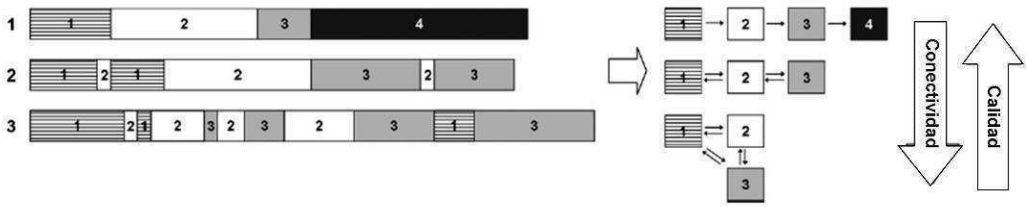
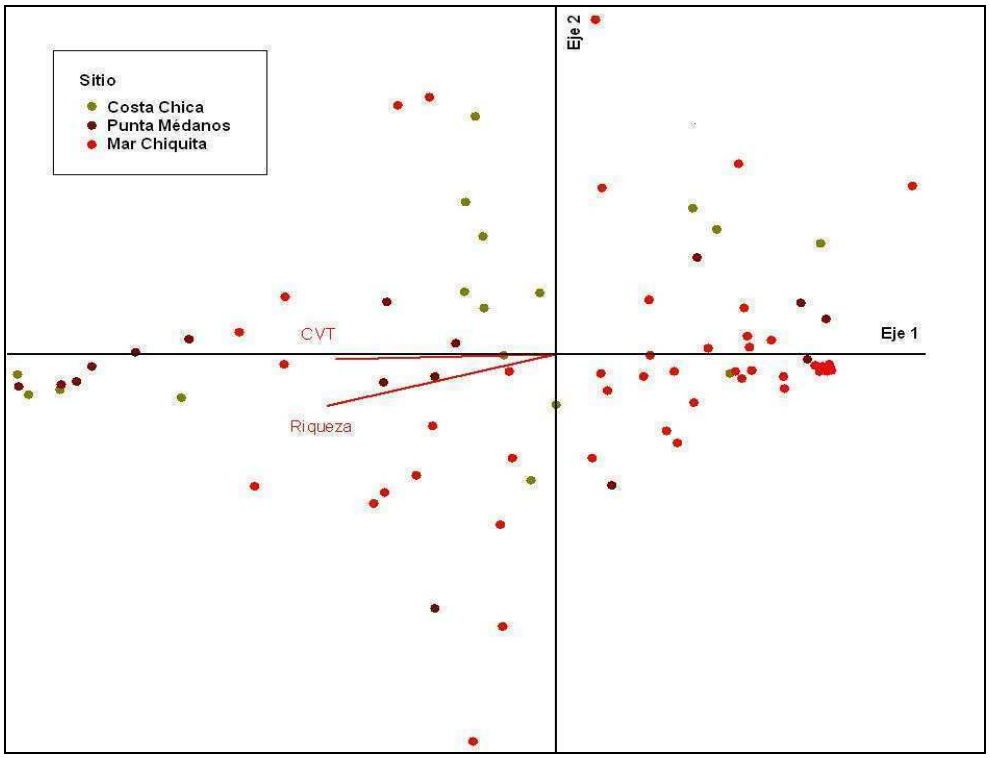


Figura 5.2: Gráfico de los ejes del ordenamiento DCA para los datos de la región BMO. A: Distribución de las parcelas distinguiendo por sitio. Se representan las líneas de correlación de cobertura vegetal (CVT) y riqueza específica. B: Mismo gráfico pero discriminando por tipo de geoforma.

A)



B)

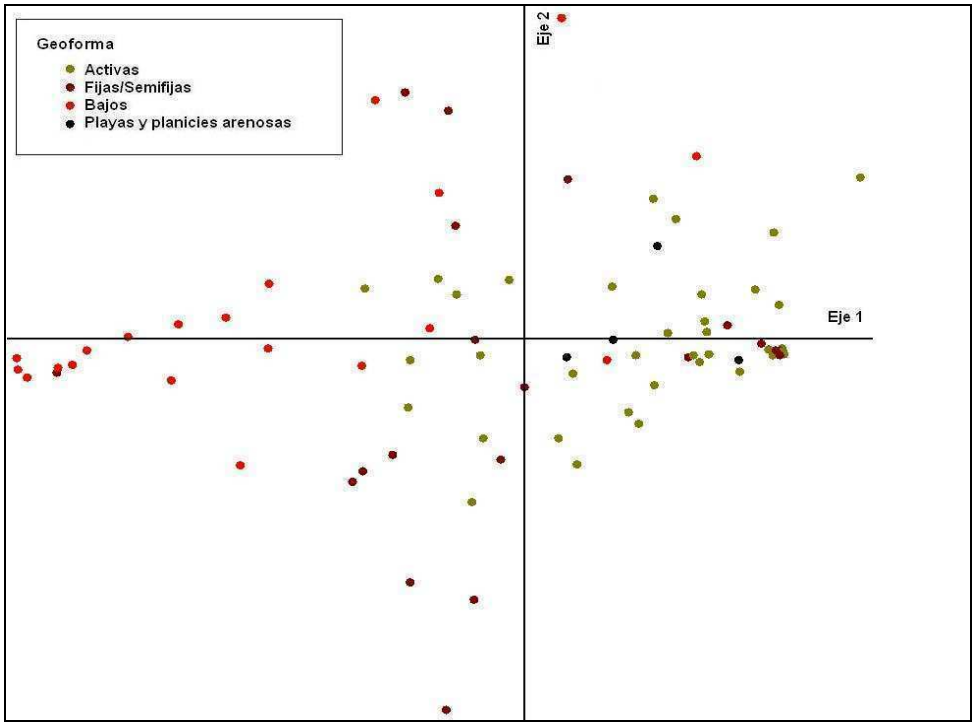
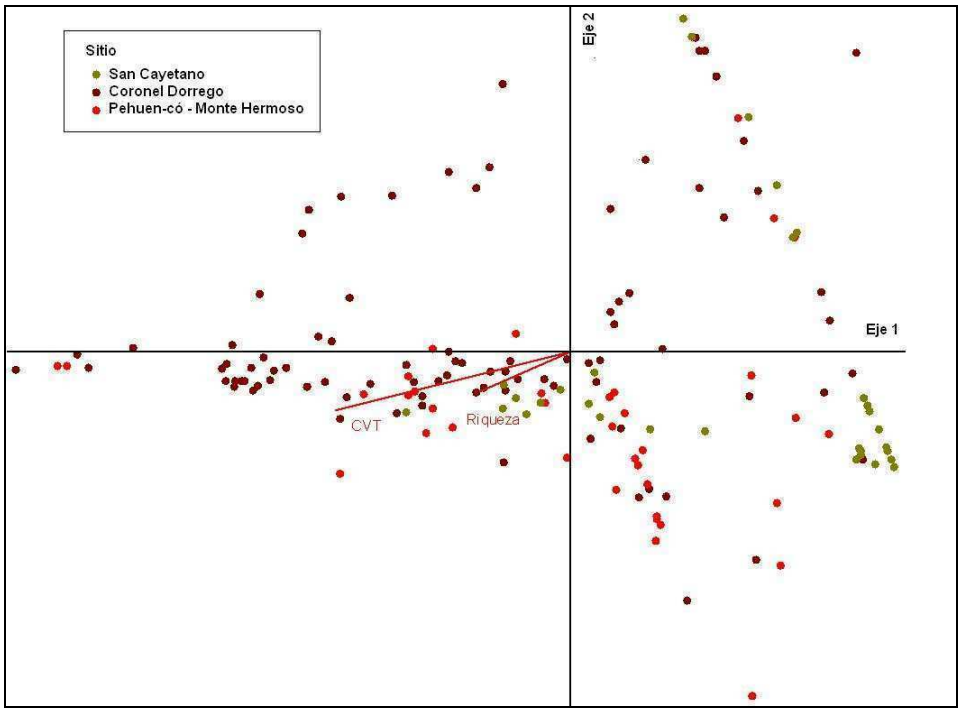


Figura 5.3: Gráfico de los ejes del ordenamiento DCA para los datos de la región BMA. A: Distribución de las parcelas distinguiendo por sitio. Se representan las líneas de correlación de cobertura vegetal (CVT) y riqueza específica. B) Mismo gráfico pero discriminando por tipo de geoforma.

A)



B)

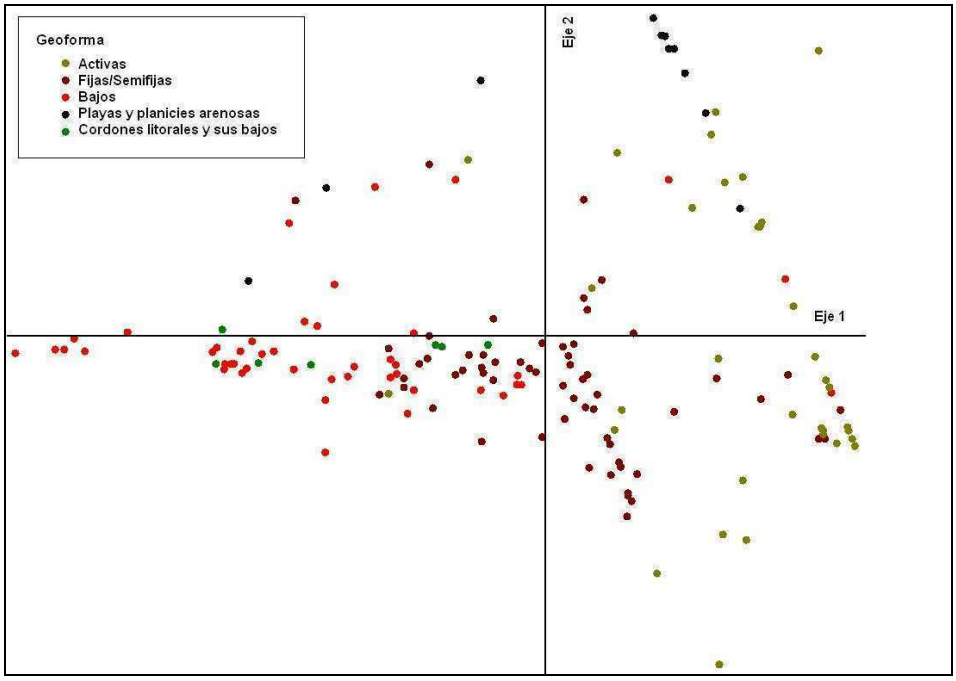
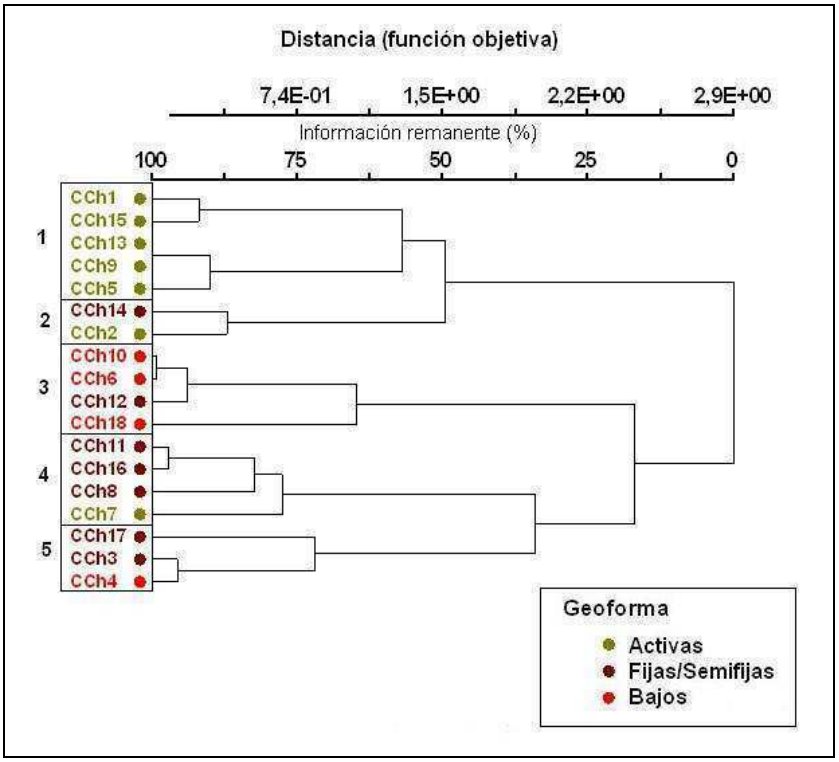
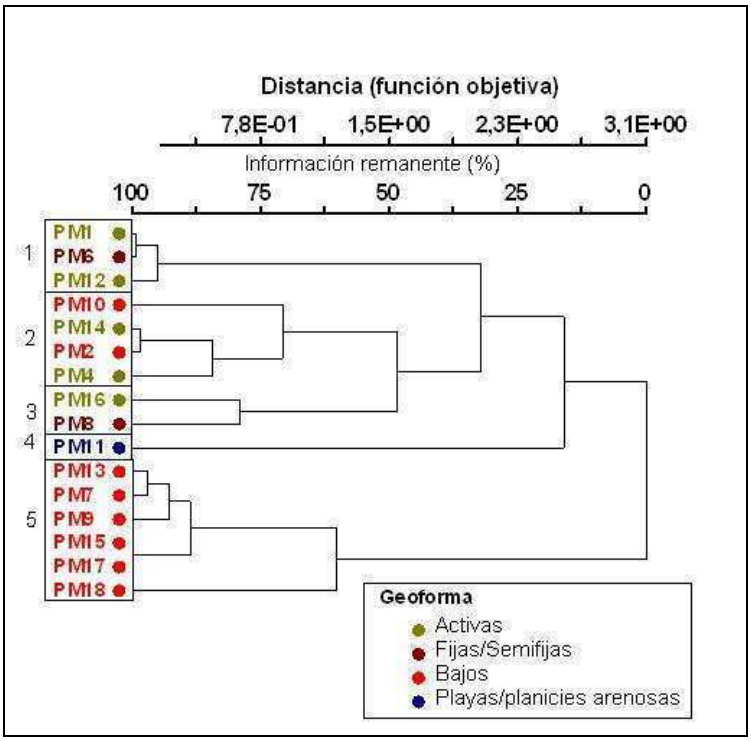


Figura 5.4: Análisis de agrupamiento del vecino más lejano de los valores de cobertura de la región BMO. Los colores corresponden a las diferentes geoformas. A) Costa Chica; B) Punta Médanos; C) Mar Chiquita.

A)



B)



C)

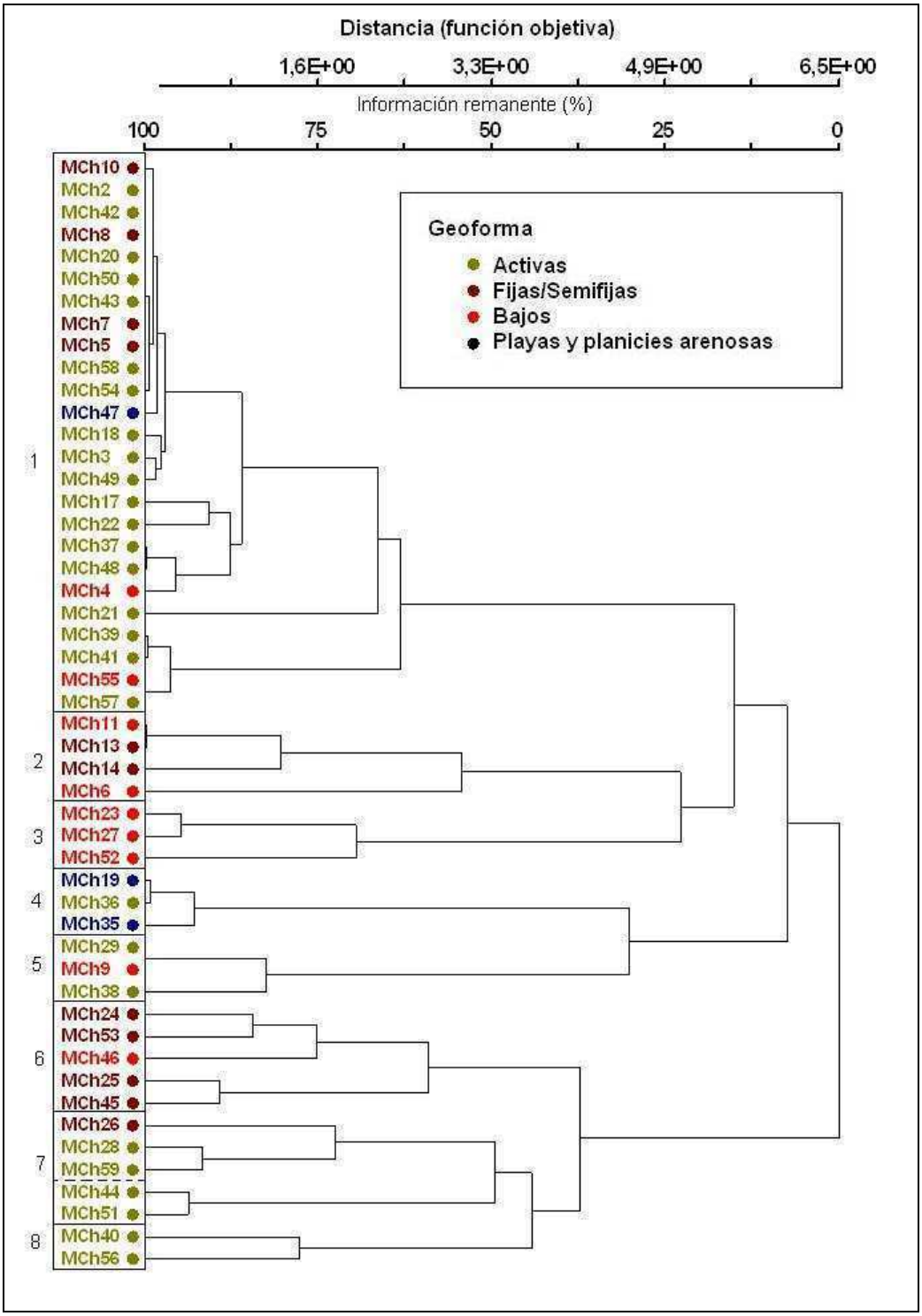
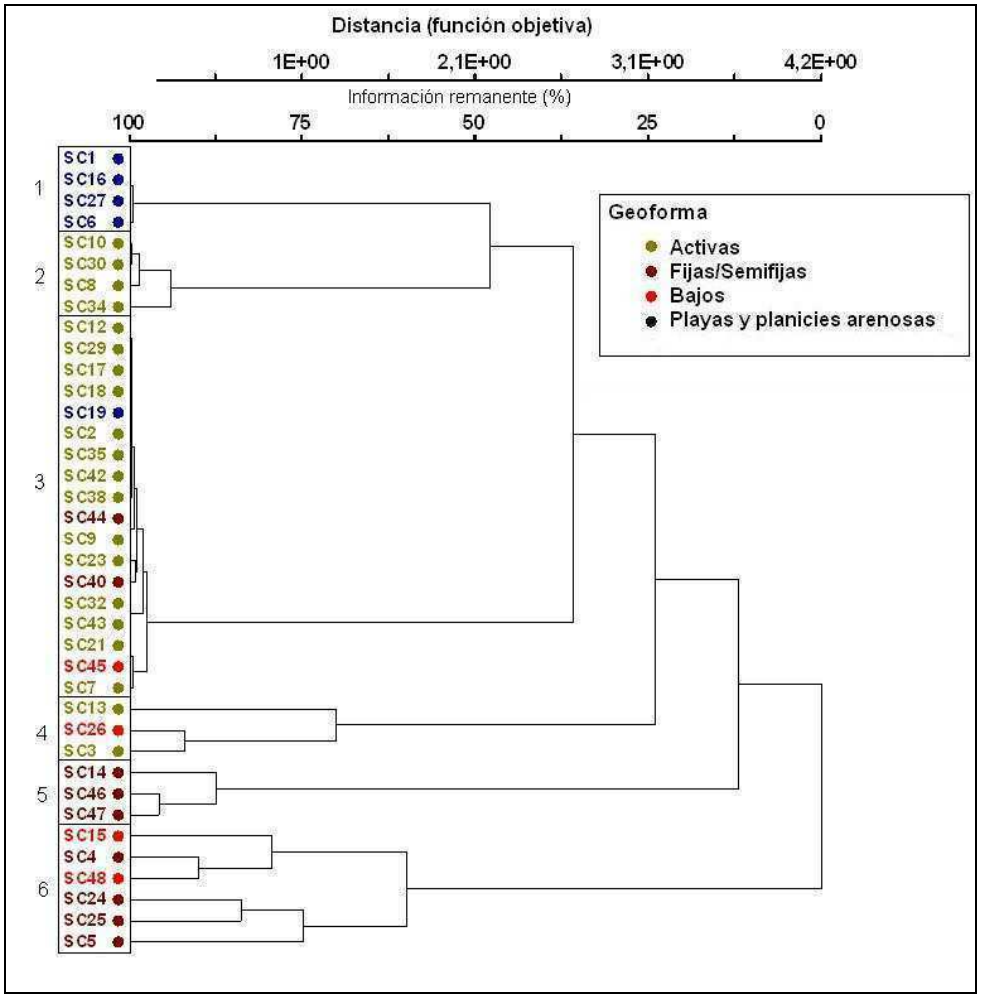
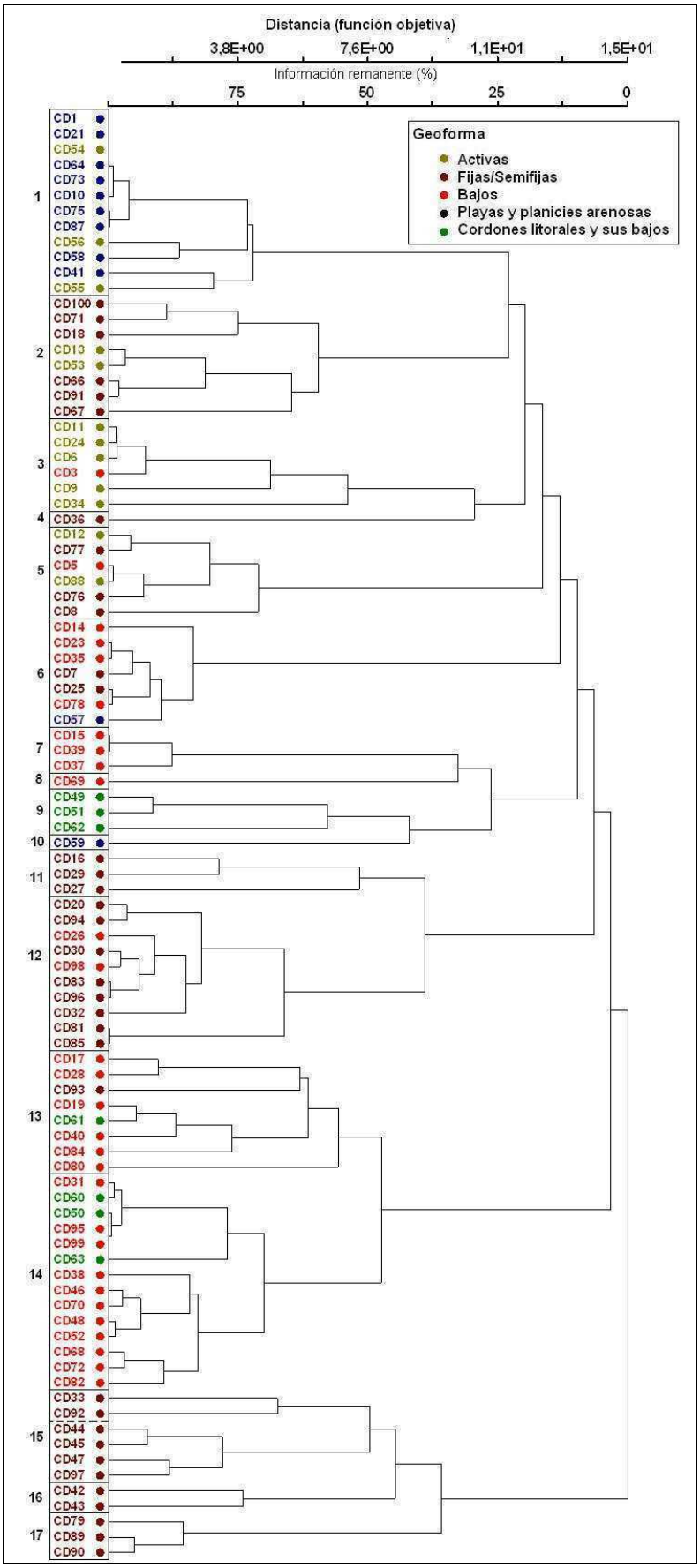

Distancia (función objetiva)
1,6E+00
3,3E+00
4,9E+00
6,5E+00
Información remanente (%)
100
75
50
25
0
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
MCh10
MCh2
MCh42
MCh8
MCh20
MCh50
MCh43
MCh7
MCh5
MCh58
MCh54
MCh47
MCh18
MCh3
MCh49
MCh17
MCh22
MCh37
MCh48
MCh4
MCh21
MCh39
MCh41
MCh55
MCh57
MCh11
MCh13
MCh14
MCh6
MCh23
MCh27
MCh52
MCh19
MCh36
MCh35
MCh29
MCh9
MCh38
MCh24
MCh53
MCh46
MCh25
MCh45
MCh26
MCh28
MCh59
MCh44
MCh51
MCh40
MCh56
1
2
3
4
5
6
7
8

Figura 5.5: Análisis de agrupamiento del vecino más lejano de los valores de cobertura de la región BMA. Los colores corresponden a las diferentes geoformas. A) San Cayetano; B) Coronel Dorrego; C) Pehuen-có – Monte Hermoso.

A)



B)


Distancia (función objetiva)
3,8E+00
7,6E+00
1,1E+01
1,5E+01
Información remanente (%)
75
50
25
0
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas
Cordones litorales y sus bajos
1
CD1
CD21
CD54
CD64
CD73
CD10
CD75
CD87
CD56
CD58
CD41
CD55
2
CD100
CD71
CD18
CD13
CD53
CD66
CD91
CD67
3
CD11
CD24
CD6
CD3
CD9
CD34
4
CD36
5
CD12
CD77
CD5
CD88
CD76
CD8
6
CD14
CD23
CD35
CD7
CD25
CD78
CD57
7
CD15
CD39
CD37
8
CD69
9
CD49
CD51
CD62
10
CD59
11
CD16
CD29
CD27
12
CD20
CD94
CD26
CD30
CD98
CD83
CD96
CD32
CD81
CD85
13
CD17
CD28
CD93
CD19
CD61
CD40
CD84
CD80
14
CD31
CD60
CD50
CD95
CD99
CD63
CD38
CD46
CD70
CD48
CD52
CD68
CD72
CD82
15
CD33
CD92
CD44
CD45
CD47
CD97
16
CD42
CD43
17
CD79
CD89
CD90

C)

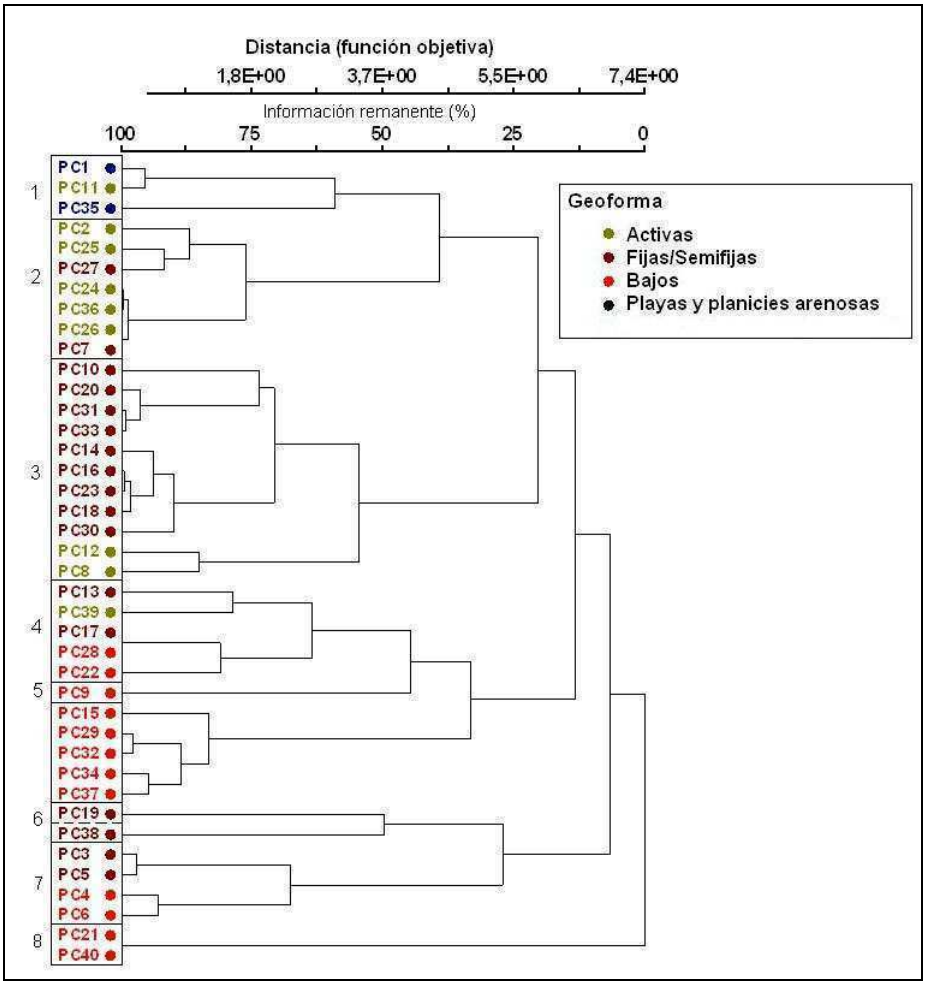

Distancia (función objetiva)
1,8E+00
3,7E+00
5,5E+00
7,4E+00
Información remanente (%)
100
75
50
25
0
1
2
3
4
5
6
7
8
PC1
PC11
PC35
PC2
PC25
PC27
PC24
PC36
PC26
PC7
PC10
PC20
PC31
PC33
PC14
PC16
PC23
PC18
PC30
PC12
PC8
PC13
PC39
PC17
PC28
PC22
PC9
PC15
PC29
PC32
PC34
PC37
PC19
PC38
PC3
PC5
PC4
PC6
PC21
PC40
Geoforma
Activas
Fijas/Semifijas
Bajos
Playas y planicies arenosas

Figura 5.6: Arriba: Referencia de clases de ambientes. Véase texto para explicación. Abajo: esquema de las transectas efectuadas en cada sitio.

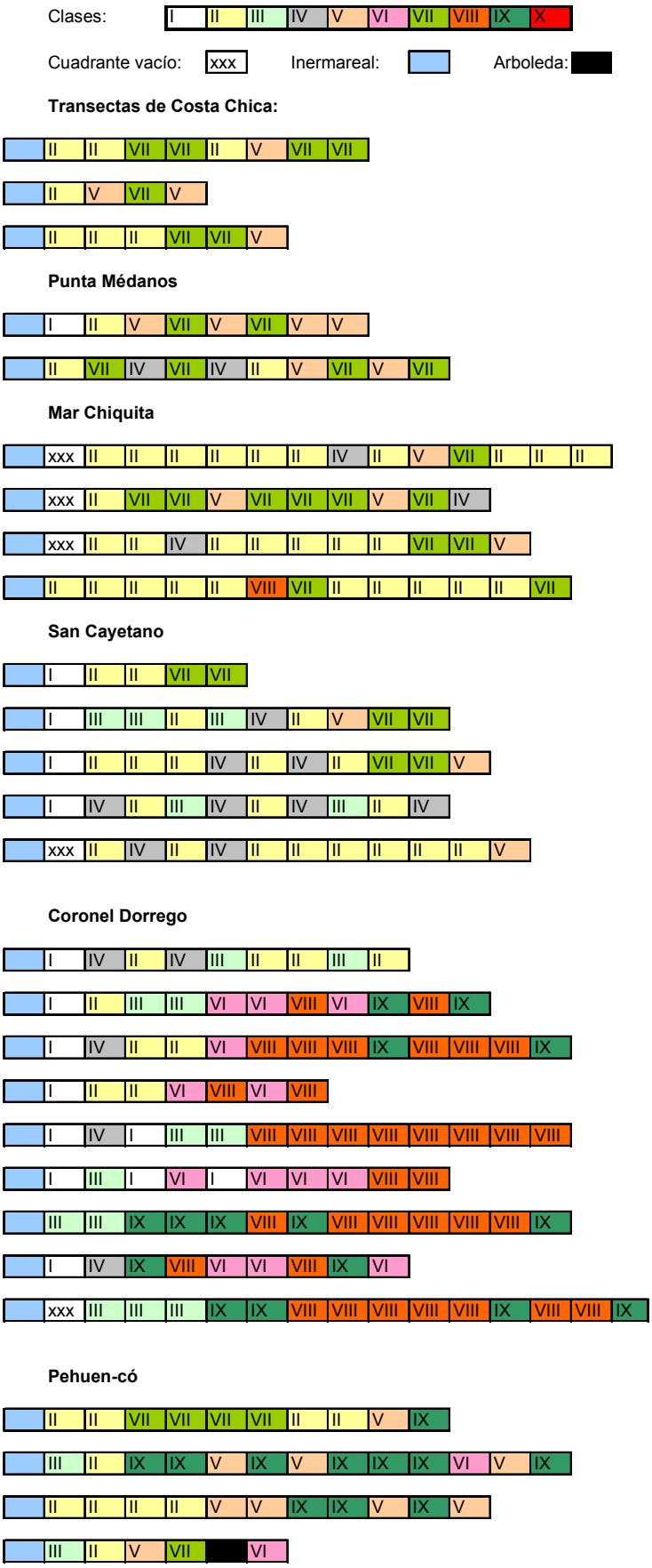


Figura 5.7: Valores promedio de los índices de conectividad (mar-tierra y tierra-mar) y la riqueza de bordes (n) para cada sitio. El eje derecho representa el número de bordes y el de la izquierda el valor del índice gamma.

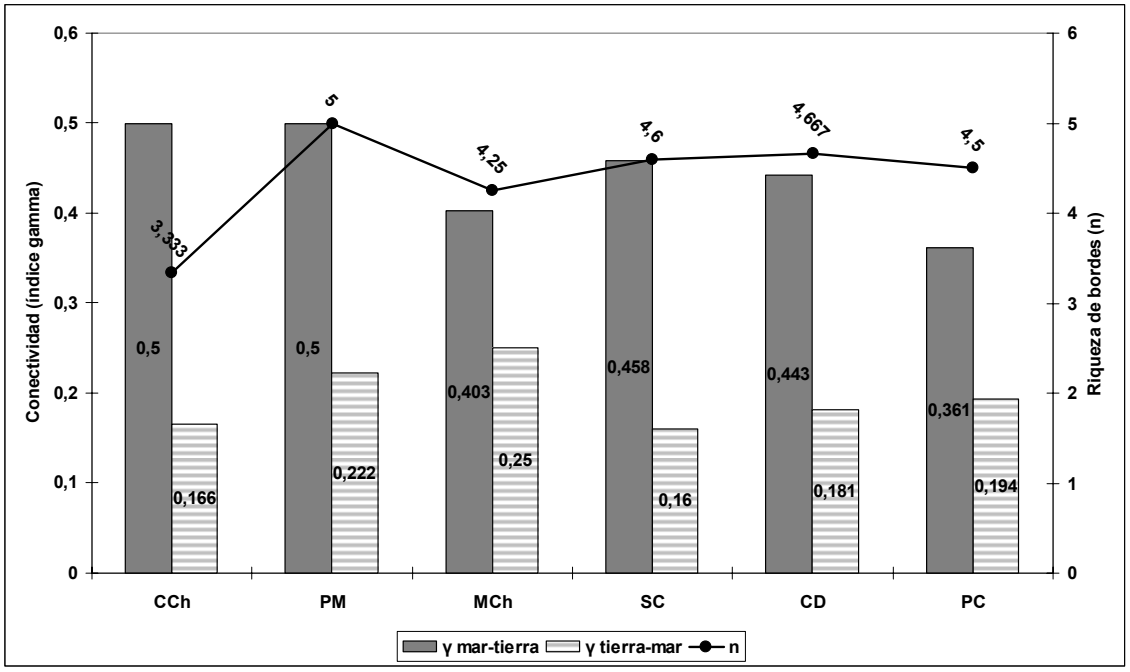


Figura 5.8: Ambiente de alta diversidad con alta representatividad de subarbustos (*Achyroclyne satureioides, Bachcaris genistifolia,* entre otras) y herbáceas no graminiformes (*Ambrosia tenuifolia*, *Solidiago chilensis*, entre otras). Este tipo de ambiente quedaría clasificado como "Pastizal con leñosas". Costa Chica. (Foto: Ana Monserrat. Diciembre 2008).

Figura 5.9: Asociación *Sporobolus rigens- Panicum urvilleanum* en un bajo seco de San Cayetano. (Foto: Ana Monserrat. Febrero 2009)

Figura 5.10: Matorral de *Hyalis argentea* y *Discaria americana* con *Solidago chilensis*. Coronel Dorrego. (Foto: Ana Monserrat. Marzo 2008)

Figura 5.11: Estepa mixta xerófila con dominancia de *Hyalis argentea* y *Aristida spegazzini*. A la izquierda se observa matorral de *H. argentea* con *Baccharis trivaricata* y a la derecha ejemplares de *Neosparton ephedroides*. Pehuen -có. (Foto: Ana Monserrat. Enero 2005)

Sumario de Conclusiones

y

Consideraciones Finales

Resúmenes y conclusiones

La tesis presentada en este volumen se divide en dos módulos: El primero consiste en un análisis en escala regional del patrón geomorfológico-ecológico de la costa. A su vez este módulo se divide en tres capítulos, en los cuales se describe brevemente la zona de estudio, se la regionaliza con criterios geomorfológicos mediante el empleo de imágenes remotas y se clasifica su superficie en función de sus tipos de cobertura, respectivamente. En el segundo módulo se presenta un análisis de las comunidades vegetales, con integración de escala regional y local. Este módulo se subdivide en dos capítulos: en el primero se desarrolla un estudio de la vegetación en las regiones de dunas pampeanas, a partir del relevamiento de seis localidades ubicadas en diferentes puntos de la costa, mediante métodos de ordenamiento y clasificación multivariados; en el segundo, se realiza un análisis fitosociológico de las comunidades vegetales en cada localidad y se propone un modelo de sucesión espacial de comunidades dentro del gradiente mar-tierra. Finalmente se utiliza ese modelo para evaluar el estado de conservación de los seis sitios estudiados.

Módulo 1: Paisajes- Capítulos 1, 2 y 3

En este módulo, primero se zonifica la costa bonaerense en función del patrón geomorfológico, y se compara el estado de conservación de los diferentes sectores de la costa pampeana. Se definieron 3 regiones dentro de la macroregión pampeana en la costa de Buenos Aires, mediante el análisis del patrón geomorfológico regional.

Se concluye que (Capítulo 2):

- ✓ Dos las regiones se corresponden con el área ocupada por las Barreras Medanosas Oriental y Austral (regiones BMO y BMA respectivamente), la tercera a los afloramientos rocosos de Mar del Plata (región Mdp).
- ✓ La costa de dunas pampeanas (regiones BMA y BMO) posee diferentes secciones internamente homogéneas en cuanto al patrón espacial de sus geoformas y el estado dinámico de su borde costero, es decir, más de un paisaje geomorfológico, específicamente dos en la región BMO (N y S) y cinco en la región BMA (E, CE, C, CO, y O).

- ✓ Los diferentes paisajes identificados no están igualmente representados en superficie dentro de las áreas naturales protegidas. La región BMA se encuentra desprotegida legalmente en su gran mayoría, en especial en las secciones E y O, las cuales no cuentan con áreas protegidas en sus superficie. Las secciones C y CO son dos paisajes que no cuentan con protección efectiva tampoco, dado que las reservas presentes sólo incluyen el área de playa y mar en su superficie. El 25.09% de la región BMO posee protección legal, mientras que la región BMA sólo cuenta con un 0.89% protegido.

Luego, en el mismo módulo (capítulo 3) se analiza la composición y estructura del paisaje de dunas costeras en la escala regional y se compara el estado de conservación de los diferentes paisajes. Para ello se elabora un mapa de cobertura del terreno para cada sección definida en el capítulo anterior, se comparan las clasificaciones de las secciones y se evalúa qué clases están representadas dentro del sistema de áreas naturales protegidas.

Las conclusiones del capítulo 3 pueden resumirse como:

- ✓ Se clasificaron dos regiones de la costa pampeana, las BMO y BMA.
- ✓ La clasificación de coberturas CORINE fue útil para analogar las clases obtenidas a las clases utilizadas en Europa.
- ✓ Las diferentes secciones de las regiones identificadas en el capítulo 2, no poseen los mismos tipos de parches. Las dos regiones y los paisajes que contienen difieren tanto en extensión de parches (superficie ocupada por cada tipo de cobertura) como en identidad de los mismos (clases de cobertura obtenidas).
- ✓ La mayor riqueza de clases se encontró en la sección O de la BMA y la menor la sección N de la BMO y la CO de la BMA.
- ✓ Las clases definidas pueden asociarse a cinco tipos de ambientes: 1) cuerpos de agua, 2) comunidades desérticas psamófilas-xerófilas, 3) árboles, 4) comunidades higrófilas y 5) comunidades de leñosas nativas.
- ✓ Las áreas protegidas no siempre poseen todas las clases de cobertura igualmente representadas.

- ✓ Todas las clases definidas para la sección N de la región BMO presentan indicios de modificación antrópica. En las secciones C y O de la región BMA existe una alta diversidad de ambientes donde están presentes las asociaciones vegetales descriptas históricamente.
- ✓ El manejo de los recursos naturales en la BMA resulta insuficiente.

Módulo 2: Comunidades- Capítulos 4 y 5

En este módulo, primero se determina la estructura y composición del paisaje de dunas costeras en la escala regional. Para ello se describen la flora norte y la flora austral, mediante el análisis multivariado de distribución de coberturas de las especies en cada sitio muestreado, y se estudia su relación con la geomorfología. Luego se discute el patrón regional general de la vegetación.

Las conclusiones del capítulo 4 pueden resumirse de la siguiente manera:

- ✓ Se reconocieron 130 especies de plantas vasculares (32 Familias), 51% de las cuales fueron nativas, 15 % exóticas y 15% endémicas, con el resto naturalizadas o no determinadas hasta nivel de especie. Predominaron las formas herbáceas sobre las leñosas.
- ✓ Las regiones se separan en función de su composición y estructura vegetal, confirmando así la identidad de las dos regiones propuestas en el módulo 1.
- ✓ La proporción de arbustos y subarbustos sobre herbáceas fue del doble para la región BMA respecto de la región BMO. Ello podría atribuirse a la presencia de geoformas fósiles en las secciones oeste de la región BMA o bien a la cercanía de la Provincia Fitogeográfica del Espinal.
- ✓ Los resultados sugieren que la vegetación en las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires sigue un patrón de distribución asociado en primera instancia a la geomorfología, donde se diferencian regiones florísticas discretas, y en segunda instancia a un gradiente biogeográfico, que implica el aumento de especies leñosas hacia el oeste (en la Región BMA).

Luego se elabora un modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra, en función de los aspectos estructurales y florísticos de las comunidades vegetales de las dunas costeras, de aplicación regional. Por último, se compara el estatus de conservación de los diferentes paisajes de la costa de dunas pampeana. Para ello se indaga acerca de la diversidad de las dos floras de la costa bonaerense. Luego se examina la distribución de especies en cada sitio muestreado, asociando la vegetación con la geomorfología en cada caso. Se definen las comunidades de cada sitio y se reelabora el modelo de sucesión espacial de Pfadenhauer. Finalmente se calcula la conectividad en cada sitio muestreado y se evalúa su estado de conservación.

Las conclusiones del capítulo 5 serían las siguientes:

- ✓ Las dunas de la costa de la provincia de Buenos Aires presentan un alto número de especies y diversidad de comunidades vegetales. El sitio más diverso y más rico en especies vegetales resultó ser la costa de Coronel Dorrego.
- ✓ El análisis de los seis sitios permitió definir en cada uno el patrón de distribución de especies asociado a la geomorfología local. A partir del mismo, fue posible reelaborar el modelo de sucesión espacial de comunidades vegetales en el gradiente mar-tierra.
- ✓ El modelo propuesto a partir de este trabajo consta de diez ambientes que se distinguen tanto por las comunidades que contienen como por su geomorfología típica.
- ✓ El índice de conectividad resultó variable, sin máximos ni mínimos importantes, pero todos los valores se mantuvieron por debajo de los informados para Europa, con lo cual puede sostenerse que el estado de conservación de las dunas pampeanas es aparentemente mejor.
- ✓ La metodología propuesta por Carboni (2009) ha resultado ser sumamente útil para la evaluación del estado de conservación de ambientes costeros.

Consideraciones finales

Los campos de dunas costeras son ecosistemas altamente frágiles y que han estado históricamente sometidos a diversos tipos de usos y actividades humanas (Dadon y Matteucci 2002). El intenso uso no planificado ha llevado a una importante pérdida de superficie, fragmentación y degradación de la calidad de estos ecosistemas en todo el mundo. Sin embargo, en las últimas décadas se ha empezado a reconocer su valor ecológico (García Novo et al.1997, Martínez y Psuty 2004, Defeo et al. 2008). Entre los servicios ecosistémicos brindados por el sistema playas-dunas actualmente se enfatiza que constituyen un refugio para la conservación de biodiversidad autóctona, que ofrecen protección de la línea de costa contra procesos erosivos, que contribuyen en la formación y mantenimiento de acuíferos y que constituyen valiosos atractivos escénicos y turísticos (Roig et al. 2006, Monserrat 2009).

En lo que respecta a las costas Argentinas, Barragán Muñóz et al. (2003) enumera entre los principales problemas al planeamiento urbano inadecuado, la erosión costera asociada a prácticas inadecuadas de manejo, la sobreexplotación de recursos naturales, y la pérdida y fragmentación de hábitat natural (pérdida de biodiversidad). Por ellos, es menester recalcar que el enfoque sistémico proporcionaría una perspectiva más útil que otros métodos analíticos, aplicados a esta problemática, debido a constituye una manera de reflexionar en función de conexiones, relaciones y contexto. Las tendencias actuales de investigación en el nivel internacional coinciden en líneas generales con que, a largo plazo, para el manejo de los recursos naturales es necesario procurar alcanzar la sostenibilidad del sistema socio-ecológico completo. Las razones que justifican tener en cuenta el sistema como un todo están asociadas a la existencia de importantes vinculaciones entre sociedad y naturaleza; por ello se considera que es preciso que en investigaciones futuras se incluyan los resultados de este trabajo dentro de un enfoque que considere al sistema socio-ecológico completo, el cual puede ser entendido como un sistema formado por un componente societal (o humano) en interacción con un componente biofísico (Gallopín et al. 1989).

En la costa pampeana, el manejo inadecuado de los recursos naturales y la falta de planificación urbana, llevó a los pueblos costeros a implementar medidas de manejo de emergencia para subsistir en su economía turística (Codignotto 2004). Recién a partir de 2006 se observaron cambios significativos en la estrategia de manejo, cuando

la Provincia de Buenos Aires dictó el decreto 3202, donde, por primera vez en Argentina, se establecen normas sobre la utilización de la faja costera (Codignotto et al. en prensa). En este decreto, enmarcado en la norma de protección, conservación, mejoramiento y restauración de los recursos naturales y del ambiente en general (Ley Provincial 11723) se reconoce que "emerge la necesidad de fijar parámetros que acoten las posibilidades de crecimiento, manteniendo el desarrollo de la actividad dentro de parámetros que garanticen la sustentabilidad ambiental, la protección del paisaje y la provisión de estándares de urbanización acordes a la calidad del ambiente en el que se desarrollan." (Decreto Provincial 3202-06).

El desarrollo actual de la zona costera puede hacer peligrar el bienestar de las generaciones futuras (Codignotto 2004). En este sentido, nos enfrentamos a un desafío sin precedentes: anticiparnos a las crisis por venir, considerar las alternativas futuras y adoptar las opciones adecuadas. Pero la situación ambiental del futuro depende en gran medida de opciones humanas que todavía no se efectuaron y de acciones que todavía no se emprendieron. A la hora de abordar esta compleja problemática, la Ecología del Paisaje presenta dos componentes fundamentales, uno geográfico, que se ocupa de estudiar los patrones espaciales del paisaje, y otro ecológico, referida a los procesos ecológicos que tienen lugar a diferentes escalas. Esta disciplina adopta un enfoque integrado y sistémico de estudio del territorio, con una dimensión claramente transdisciplinar. Las potencialidades de la Ecología del Paisaje en el estudio de las repercusiones de la dinámica territorial sobre la vida silvestre, así como en el planteamiento de soluciones aplicadas a la conservación de la biodiversidad y a la planificación territorial con base ecológica, confieren a esta disciplina un importante papel en la investigación y en la toma de decisiones (Gurrutxaga San Viciente y Lozano Valencia 2008).

Tanto desde la Ecología como desde la Geomorfología se coincide en considerar a las dunas como sistemas dinámicos. Sin embargo, muchos planificadores y tomadores de decisiones, y el público en general, ve a las dunas como elementos estáticos o estables (Carter 1993). Las consecuencias de ello recaen sobre el estado de conservación de las dunas. Muy pocos paisajes de dunas temperadas son "naturales". Impactos como deforestación, agricultura y recreación han dejado sus marcas (Carter 1993). Afortunadamente existen lugares en el mundo en donde este problema se ha enfrentado satisfactoriamente. Las costas de Holanda proveen uno de los mejores

ejemplos de manejo integrado de dunas en el mundo. Las estrategias con las que se manejan son tres, relacionadas con los impactos internos, externos y zonales. En lo que respecta al impacto zonal, el manejo se focaliza en la asignación de recursos y usos del terreno. Por ello, en la línea de costa, el zonificado es una mezcla de tradición y de necesidad (Carter 1993).

En esta tesis se efectúa un análisis regional de la costa bonaerense sobre la base de conocimientos geomofológicos y fito-sociológicos. Se evalúa la superficie y distribución de ambientes que conservan características propias de la dinámica natural y, entre otros resultados, se encontró que aún subsisten fragmentos remanentes de campos de dunas con bajo grado de alteración humana. Sin embargo, a partir de entrevistas con pobladores locales y tomadores de decisiones, se observó que las estrategias actuales de manejo de los recursos naturales no consideran el valor ecológico ni económico de conservar estos remanentes naturales, ni tampoco las poblaciones locales son concientes de ello (Monserrat 2009). Es evidente la necesidad de desarrollar herramientas que faciliten el abordaje de una educación ambiental con miras a concientizar a la población frente a los riesgos de pérdida de calidad ambiental, como así también que contribuyan en la toma de decisiones para el desarrollo sustentable en la región costera bonaerense.

Bibliografía

1. Acosta A., Carranza M.L. y C.F Izzi. 2005. Combining land cover mapping of coastal dunes with vegetation analysis. Applied Vegetation Science 8: 133-138

2. Acosta A., Ercole S., Stanisci A., De Patta Pillar V. y C.Blasi. 2007. Coastal vegetation zonation and dune morphology in some mediterranean ecosystems. Journal of Coastal Research, 23(6):1518-1524.

3. Administración de Parques Nacionales. 2008. Documento *on line* consultado en 2008: www.parquesnacionales.gov.ar/docAP/APxPcia.xls

4. Anderson J. R., Hardy E.E., Roach J.T y R.E. Witmer. 1976. A Land Use and Land Cover Classification System for use with remote sensor data. A revision of the land use classification system as presented in U.S. Geological Survey Professional Paper 964. Geological Survey Circular 671. United States Government Printing Office, Washington.

5. Arramayo S.A., Schillizzi R.A y B.M. Gutiérrez Téllez. 2002. Evolución paleoambiental del Cuaternario en la costa atlántica del sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Geológica de España. 15(1-2):95-104.

6. Arramayo S. y T. Manera de Bianco. 2009. Late Quaternary palaeoichnological sites from the southern Atlantic coast of Buenos Aires Province, Argentina: mammal, bird and hominid evidence. Ichnos 16(1):25-32.

7. Bailey, R. G. 1984. Testing an Ecosystem Regionalization. Journal of Environmental Management.19:239-248.

8. Barber, C., K. Millar & M. Boness (eds.) 2004 Resguardando las áreas protegidas ante el cambio global: asuntos y estrategias. Gland: The World Conservation Union, Global Environment Facility, UNEP, 2004. 18 p.

9. Barragán Muñoz J.M. 2001. The Coasts of Latin America at the End of the Century, Journal of Coastal Research, 17(4), 885-899

10. Barragán Muñóz J.M., Dadon J.R., Matteucci S.D, Morello J.H., Baxendale C. y A. Rodríguez. 2003. Preliminary basis for an integrated management program for the coastal zone of Argentina. Coastal Management, 34:55-77

11. Begon M., Harper J.L. y C.R. Townsend. 1999. Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades. 3ra Ed. Ediciones Omega, Barcelona. 1148p.

12. Bértola G.R. y L.Cortizo. 2005. Transporte de arena en médanos litorales activos y colgados del sudeste de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 60 (1):174-184.

13. Blanco D., Yorio P.y P. Kandus. 2001. Distribution and abundance of migratory shorebirds along the coasts of the Buenos Aires Province, Argentina: towards a

model of habitat use and conservation guidelines. Final report to National Fish & Wildlife Foundation NFWF Project No. 00-268.

14. Borrello A. 1968. Rasgos geológicos del territorio bonaerense. En: *Flora de la Provincia de Buenos Aires.* Cabrera A.L. et al. tomo VI, parte 1ra. Colección científica. INTA. Buenos Aires.

15. Bourguet M.N. 2002. El mundo visto desde lo alto del Teide: Alexander von Humboldt en Tenerife. En: *Ciencia y Romanticismo*. Montesinos J., Ordóñez J. y S. Toledo (Eds). Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia, Maspalomas, Gran Canaria, pp: 279-301.

16. Braun-Blanquet J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones, Madrid, 820p.

17. Brown A., U. Martínez Ortiz M. Acerbi y J. Corcuera (eds.) 2006. La Situación Ambiental Argentina 2005. Fundación Vida Silvestre Argentina, Buenos Aires. 587p.

18. Burgos J. y A.L. Vidal. 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. Meteoros (1):1-32.

19. Büttner G., Feranec J., Jaffrain G., Mari L., Maucha G. y T. Soukup. 2004a. The CORINE Land Cover 2000 proyect. EARSeL eProceedings 3, 3/2004.

20. Büttner G., Maucha G., Bíró M., Kosztra B., Pataki R. y O. Petrik.2004b. National Land Cover Database at scale1:50,000 in Hungary. EARSeL eProceedings 3, 3/2004

21. Cabrera A.L. 1936. Apuntes sobre la vegetación de las dunas de Juancho. Notas del Museo de La Plata (Botánica) 1(8):207-236

22. Cabrera A.L. 1940. La vegetación espontánea de las dunas de Miramar. Boletín de Agricultura, Ganadería e Industrias 20(1-4):5-17.

23. Cabrera A.L. 1941. Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la Provincia de Buenos Aires. D. A. G. I. Publicaciones técnicas 1(2):5-44.

24. Cabrera A.L. (ed.). 1963-1970. Flora de la provincia de Buenos Aires. Col. Cient. INTA 4, partes 1-6. Buenos Aires.

25. Cabrera A.L. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, XIV (1-2):1-42.

26. Cangioli S.E. 1992. Rasgos geomorfológicos y geológicos del área de Monte Hermoso, Provincia de Buenos Aires. Trabajo final de licenciatura. Departamento de Cs. Geológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

27. Cantwell M.D y R.T.T. Forman. 1993. Landscape graphs: Ecological modeling with graph theory to detect configurations common to diverse landscapes. Landscape Ecology. 8(4): 239-255.

28. Carboni M. 2006. Analisi della qualità della vegetazione in ambienti di duna costiera. Un approccio a diverse scale. Tesi di Laurea in Ecologia Vegetale. Facolta' di Scienze Matematiche Fisiche e Naturali. Universita' degli Studi di Roma Tre.

29. Carboni M., Maria Laura Carranzab, Alicia Acosta. 2009. Assessing conservation status on coastal dunes: A multiscale approach. Landscape and Urban Planning 91 (2009) 17–25.

30. Carter R.W.G. 1993. Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastlines. Academic Press. London.

31. Celsi C.E. y A.L. Monserrat. 2006. Valor y funcionalidad ecológicos de las dunas costeras de Coronel Dorrego, Buenos Aires. BOSQUE 27(2):201-202.

32. Celsi C.E., Monserrat A.L., Carricart J.P y H. D. McLean. 2007. Propuesta de Incorporación al Sistema de Áreas Naturales Protegidas de la Provincia de Buenos Aires. Reserva Natural Mixta de Objetivos Definidos Mixtos "Arroyo Los Gauchos", Partido de Coronel Dorrego, Provincia de Buenos Aires. Ministerio de Asuntos Agrarios de la Provincia de Buenos Aires, Expte. N° 22230-156/07.

33. Celsi C.E. y A.L. Monserrat. 2008a. Vascular plants, coastal dunes between Pehuen-có and Monte Hermoso, Buenos Aires, Argentina. Check List 4(1):37-46

34. Celsi C.E. y A.L. Monserrat. 2008b. La vegetación dunícola del frente costero de la Pampa Austral (Partido de Coronel Dorrego, Buenos Aires). Multequina 17:73-92

35. Cihlar J. 2000. Land cover mapping of large areas from satellites: status and research priorities. Int. J. Remote Sensing. 21(6-7): 1093–1114

36. Clements F.E. 1936. Nature and structure of the climax. Journal of Ecology. 24 (1): 252-284.

37. Codignotto, J. O. 1987. Glosario Geomorfológico Marino. Asociación Geológica Argentina. Manuscrito. 70 p. Buenos Aires, Argentina.

38. Codignotto, J. O. y M. L. Aguirre. 1993. Coastal Evolution, Changes in Sea Level and Molluscan Fauna in Northeastern Argentina during the Late Quaternary. Marine Geology, 110: 163-175.

39. Codignotto, J. O., Kokot R. R. y S. C. Marcomini. 1993. Desplazamientos verticales y horizontales de la costa argentina en el Holoceno. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 48 (2): 125-132.

40. Codignotto, J. O. 2004. Capítulo 2.1. Erosión Costera; pp 90-111 en: Peligrosidad Geológica en Argentina (metodología de análisis y mapeo. Estudio de casos). González M.A. y Bejerman N.J. Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería. ISBN 987-21766-0-4. Buenos Aires, Argentina.

41. Codignotto, J. O y R. R. Kokot. 2005. Geomorfología del sector litoral de la Provincia de Buenos Aires. Actas del XVI Congreso Geológico Argentino. Asociación Geológica Argentina, La Plata. 3:643-650.

42. Codignotto J.O, Isla F.I. y A.L. Monserrat. En prensa. Manejo del Sistema Playa-Dunas en las Costas en la Provincia de Buenos Aires (Argentina). Capítulo del libro de Manejo Integrado de Playa. ProPlayas y X. Roig (Eds.).

43. Cordazzo C.V. y U. Seeliger. 1993. Zoned Habitats of Southern Brazilian Coastal Foredunes. Journal of Coastal Research. 9(2):317-323.

44. Cortizo, L. C. y F. I. Isla. 2007. Evolución y dinámica de la barrera medanosa entre los arroyos Zabala y Claromecó, Partidos de San Cayetano y Tres Arroyos, Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina, 62 (1):03-12.

45. Cowles H.C. 1898. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. Botanical Gazette 27, 97 – 117. En: Real, L. A. and J. H. Brow (Eds.) Foundations of ecology: classic papers with commentaries. 1991. University of Chicago, USA. p:28-58.

46. Crawford R.M.M., Studer-Ehresberger K. y C. Studer. 1997. Flood induced change on a dune slack observed over 24 years. En: T*he ecology and conservation of european dunes*. García-Novo F, Crawford RMM and M. C. Díaz-Barradas (eds). Universidad de Sevilla. 375pp.

47. Curino A. C. y M. M. Facchinetti. 2004. La nueva retama argentina de Darwin. Revista Ciencia Hoy en línea. Volumen 14- Nº 83. Octubre Noviembre 2004 http://www.ciencia-hoy.retina.ar/hoy83/retama.htm

48. Dadon, J. R. y Matteucci, S. D. (eds.). 2002. Zona costera de la Pampa argentina. Recursos naturales, sustentabilidad, turismo, gestión y derecho ambiental. Buenos Aires. Lugar Editorial. 224 p.

49. Dadon J.R., Chiappini G.M.T. y M.C. Rodríguez. 2002. Impactos ambientales del turismo costero en la Provincia deBuenos Aires. Gerencia Ambiental 9(88):552-560.

50. Dadon J.R. y S.D. Matteucci. 2006. Caracterización de las grandes regiones costeras argentinas. En: F.I. Isla y C.A. Lasta (Eds.) Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. Pp. 11-39.

51. Daíno L. 1979. Exégesis historica de los hallazgos arqueológicos de la costa atlántica bonarense. Prehistoria Bonaerense: 95-195. Olavarría.

52. Defeo O., McLachlan A., Schoeman D.S., Schlacher T.A., Dugan J., Jones A., Lastra M., and Scapini F. 2008. Threats to sandy beach ecosystems: A review. Estuarine, Coastal and Shelf Science 81: 1-12

53. Delucchi G. 2006. Las especies vegetales amenazadas de la Provincia de Buenos Aires: una actualización. APRONA Bol. Cient. 39:19-31.

54. Delcourt H.R. y P.A. Delcourt. 1988. Quaternary landscape ecology: Relevant scales in space and time. Landscape Ecology. 2(1):23-44.

55. Di Gregorio A. y L.J.M Jansen. 1998. Land Cover Classification System (LCCS): Classification Concepts and User Manual. Environment and Natural Resources Service, GCP/RAF/287/ITA Africover - East Africa Project and Soil Resources, Management and Conservation Service. 157pages, 28 figures and 3 tables. FAO, Rome.

56. Doing H. 1985. Coastal fore-dune zonation and successions in various parts of the World. Vegetatio 61, 65-75.

57. Dufrene M. y P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: The need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs, 67(3): 345–366.

58. El-Demerdash M.A.1996. The vegetation of the Farasan Islands, Red Sea, Saudi Arabia. Journal of Vegetation Science 7: 81-88.

59. Faggi A.M. y M. Cagnoni. 1991. La vegetación de Punta Rasa (Pcia. de Buenos Aires. Argentina). Parodiana 6(2):363-374

60. Faggi A.M, Cagnoni M. y P. Otero. 1997. Mar Chiquito: nueva reserva de la biosfera. 6° encuentro de geógrafos de América Latina. Buenos Aires. 8 p.

61. Faggi A.M. y J.R. Dadon. (en revisión). Temporal and spatial changes in plant dune diversity in urban resorts. Urban Ecosistems.

62. Fahrig L. 2005. When is landscape perspective important? En: En: *Issues and Perspectives in Lanscape Ecology.* Wiens J.A. y M.R. Moss (Eds). Cambridge University Press. Cambridge, UK. Pp.: 3-10.

63. Feranec J. y Oťaheľ J. 1998. The 4th Level CORINE Landcover nomenclature for the Phare Cointries. Nomenclature elaborated in the framework of EEA Phare Topic Link on Lan Cover. Institute of Geography, Slovak Academy of Sciences, Bratislava, Slovak Republic. On line. http://www2.dmu.dk/1Viden/2Miljoe-tilstand/3natur/nordlam/nldocs/wsOct01T1/jferanec.pdf Página visitada en Febrero 2010.

64. Folguera L. 2008. Relevamiento de fauna en la costa de Coronel Dorrego. Proyecto Final para la carrera de Ingeniería en Ecología, Universidad de Flores. Buenos Aires, Argentina.

65. Fontana, S. L. 2004. Present and Past Coastal Dune Environments of South Buenos Aires Province, Argentina. Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 940.38 pp. Uppsala.

66. Fontana S.L. 2005. Coastal dune vegetation and pollen representation in south Buenos Aires Province, Argentina. Journal of Biogeography 32:719-735.

67. Forman R.T.T. 1995. Landscape Ecology vol. 10 no. 3 pp 133-142 (1995) SPB Academic Publishing. Amsterdam. Some general principles of landscape and regional ecology

68. Forman R.T.T. y M. Godron. 1981. Patches and structural components for a Landscape Ecology. BioScience, Vol. 31. Nº10, pp.733-740

69. Francour, P., J-G. Harmelin, D. Pollard & S. Sartoretto. 2001. A review of marine protected aereas in the Northwestern Mediterranean Region: siting, usage, zonation and management. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems. 11: 155-188.

70. Gallopín G.C., Gutman P. y H. Maletta. 1989. Global impoverishment, sustainable development and the environment: a conceptual approach. International Social Science Journal 121, 375–397.

71. García-Mora M.R., Gallego-Fernández J.B. y F. García-Novo. 1999. Plant functional types in coastal foredunes in relation to environmental stress and disturbance. Journal of Vegetation Sciences, 10: 27-34.

72. García Novo F, Crawford R. M. M. y M. C. Días Barrados (Eds). 1997. The Ecology and Conservation of European Dunes. Universidad de Sevilla. 375 pp.

73. García Novo, F., M. C. Díaz Barradas, M. Zunzunegui, R. García Mora and J. B. Gallego Fernández. 2004. Plant functional types in coastal dune habitats. En: *Coastal dunes. Ecology and conservation*. Martínez M.L. y N.P. Psuty (Eds). Ecological Studies 171. Springer, Berlín, Pp:155-169.

74. Gleason H.A. 1939. The individualistic concept of the plant association. American Midland Naturalist. 21(1): 92-110.

75. González, N. 2005. Los Ambientes Hidrogeológicos de la Provincia de Buenos Aires. Relatorio del XVI Congreso Geológico Argentino, Ed. De Barrio R. E., Etcheverry R. O., Caballé, M. F., Llambías, E. La Plata.Pp. 359-374.

76. Google. 2006 -2010. Google Earth 4.0 y 5.1, http://earth.google.com/. Inerfaz visitada desde 2006 hasta Diciembre 2009.

77. Grigg D. 1967. Regions, models and calses. En; Integrated models in Geography. Cherley R.J y P. Haggett (Eds). Methuen, Londres. Pp: 461-509. [citado por Malvárez 1997]

78. Gurrutxaga San Vicente M. y P.J. Lozano Valencia. 2008 Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. Estudios Geográficos, LXIX, 265, pp. 519-543, julio-diciembre 2008, ISSN: 0014-1496, eISSN: 1988-8546, doi: 10.3989/estgeogr.0427

79. Grootjans A.P., Adema E.B., Bekker R.M. y E.J. Lammerts. 2004. Why coastal dune slacks sustain a high biodiversity. En: *Coastal dunes. Ecology and conservation*. Martínez M.L. y N.P. Psuty (Eds). Ecological Studies 171. Springer, Berlín, Pp: 29-49.

80. Grootjans A.P. Ernst W.H.O. y Stuyfzand P.J. 1998. European dune slacks: strong interactions of biology, pedogenesis and hydrology. Trends in Ecology and Evolution, 13(3): 96-100.

81. Hesp P. 2002. Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. Geomorphology (48): 245 – 268

82. Hesp P. 2004. Coastal dunes in the tropical and temperate regions: Location, Formation, Morphology and vegetation processes. En: *Coastal dunes. Ecology and conservation*. Martínez M.L. y N.P. Psuty (Eds). Ecological Studies 171. Springer, Berlín, Pp: 29-49.

83. Hill M.O. y P. Šmilauer. 2005. TWINSPAN for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology and University of South Bohemia, Huntingdon and Ceske Budejovice. http://www.ceh.ac.uk/products/software/wintwins.html

84. Holtz S.C. 1995. Relación entre la geomorfología, la vegetación y los suelos en las dunas costeras de Mar Chiquita. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata. 56 p.

85. IMCRA Technical Group. 1998. Interim Marine and Coastal Regionalisation for Australia: an ecosystem-based classification for marine and coastal environments. Version 3.3. Environment Australia, Commonwealth Department of the Environment. Canberra. pp

86. Isla F.I, Cortizo L.C. y H.A. Turno Orellano. 2001. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. Revista Brasileira de Geomorfología 2(1):73-83.

87. Johnson D. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson Editores.

88. Jones P.J.S. 2002. Marine protected areas strategies: issues, divergences, and the search for the middle ground. Reviews in fish biology and fisheries. 11: 197-216.

89. Kacoliris F.P. 2010. Ecología espacial y dinámica poblacional de la lagartija de las dunas (*L. multimaculatus*, Iguania, Liolamidae), en la Provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad de La Plata. Argentina.

90. Kerr J.T y M. Ostrovskyew. 2003. From space to species: ecological applications for remote sensing. Review. TRENDS in Ecology and Evolution. 18(6): 299-305.

91. Kokot R.R. 1997. Littoral drift, evolution and management in Punta Médanos, Argentina. Journal of Coastal Research 13(1):192-197

92. Komar P.D. 1998. Beach processes and sedimentation. 2nd Ed. Prentice Hall, New Jersey, US. 544p.

93. Kumler, M. L. 1997. Critical environmental factors in dry coastal ecosystems. In: Van der Maarel, E. (Ed.), Dry coastal ecosystems, Part C. Ecosystems of the world, 2C. Elsevier, Amsterdam, pp. 387-409.

94. Kuijper, M. W. M. 2003. Marine and coastal environmental awareness building within the context of UNESCO's activities in Asia and the Pacific. Marine Pollution Bulletin 47: 265-272.

95. Lillesand T.M. y R.W. Kiefer. 2000. Remote sensing and image interpretation. (4th ed.) New York: Wiley.

96. Long M.A. 2002. Senecio quequensis, nuevo sinónimo de Senecio bergii (Asteraceae, Senecioneae). Hickenia 3(33):125-127

97. Lopez de Casenave J., Marone L., Jaksic F. y P. Camus. 2007. Escalas. En: *Ecología de Comunidades.* Jaksic F. y L. Marone (eds). Segunda edición ampliada. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. Pp. 193-213.

98. Malvárez, A.I. 1995. Las comunidades vegetales del Delta del Río Paraná. Su relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Tesis doctoral. Facultad de Cs. Exactas y Natruales. Universidad de Buenos Aires.

99. Marcomini S.C., Uehara F. y R. A. López. 2005. Morfodinámia costera y su aptitud para las explotaciones de áridos para construcción en Pehuen-có. In: Cabaleri N, Cingolani CA, Linares E, López de Luchi MG, Ostera HA, Panarello HO (eds) Proceedings XVI congreso geológico argentino, La Plata, 20-23 Septiembre 2005.

100. Martínez M.L., Maun M.A y N. P. Psuty N.P. 2004a. The fragility of the world's coastal dunes: geomorphological, ecological and socioeconomic perspectives. En: *Coastal Dunes. Ecology and Conservation.* Martínez M.L. y N.P. Psuty (Eds.). Ecological Studies 171, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp: 355-369.

101. Martínez M.L., Psuty N.P. y R.A. Lubke. 2004b. A perspective on coastal dunes. En: *Coastal Dunes. Ecology and Conservation.* Martínez M.L. y N.P. Psuty (Eds.). Ecological Studies 171, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp: 3-10.

102. Martínez M.L., Intralawan A., Vázquez G., Pérez-Maqueo O., Suttond P. y R. Landgrave. 2007. The coasts of our world: Ecological, economic and social importance Ecological Economics 63: 254-272.

103. Matteucci S.D. y A. Colma. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación.Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C.

104. Margalef, R. 1974. Ecología. Ed. Omega, Barcelona. 951p.

105. Margalef, R. 1992. Planeta Azul, Planeta Verde. 1ª ed. española. Prensa Cientifica. Biblioteca Scientific American. Barcelona. 265 p.

106. Maun, M. A. 2004. Burial of plants as a selective force in sand dunes. En: M. L. Martínez y N. P. Psuty (Eds.). Coastal dunes. Ecology and conservation. Ecological studies 171. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp. 119-135.

107. McCune, B. y M.J. Mefford. 1999. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.01. MjM Software, Glenenden Beach, Oregon, USA.

108. Millington A.C. y K. Pye (Eds). 1994. Environmental Change in Drylands. Biogeographical and Geomorphological Perspectives John Wiley and sons. Ltd. Chichester, England. 456p

109. Monserrat, A. L., Celsi, C. y F. Kacoliris. Julio 2005. “Informe: valores del ambiente natural en la franja costera comprendida entre las localidades de Pehuen-có y Monte Hermoso”. Informe inédito para las autoridades de la Provincia de Buenos Aires, Junio de 2005. 4pp.

110. Monserrat A.L. y C.E. Celsi. 2006. Evaluación del potencial de conservación de biodiversidad entre Pehuen-có y Monte Hermoso: un relicto de paisaje de dunas en la costa marina de Buenos Aires. Congreso Internacional "Servicios Ecosistémicos en los Neotrópicos". FORECOS. 13 al 19 de Nov. Valdivia, Chile. Resumen publicado en BOSQUE 27(2):179-180.

111. Monserrat, A. L., Celsi, C. E. y J. O. Codignotto. 2006. Zonificación de la vegetación asociada a la geomorfología costera entre Pehuen-có y Monte Hermoso. VI Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. CENPAT/CONICET-UNPSJB- UTN (U.A. Chubut). 4 al 8 de diciembre de 2006. Puerto Madryn, Argentina.

112. Monserrat A.L. 2009. Breve análisis de las herramientas de manejo de los recursos naturales en la costa marina de Buenos Aires, Argentina. Revista de Medio ambiente, Turismo y Sustentabilidad. Edición especial de Manejo, Gestión y Certificación de Playas. Vol. 2 No. 2, 25-32.

113. Monserrat A.L. y C.E. Celsi. 2009. Análisis regional de la costa pampeana austral en el marco del sistema de áreas protegidas y caracterización de un área clave como reserva, en el partido de Coronel Dorrego. Bioscriba 2(1):1-23

114. Morello J.H. 1995. Grandes Ecosistemas de Suramérica. En: El Futuro Ecológico de un Continente. G. Gallopín (Comp.). Fondo de Cultura Económica. México. Vol. 1:21-100.

115. Moreno-Casasola P. 1986. Sand movement as a factor in the distribution of plant communities in a coastal dune system. Vegetatio 65:67-76.

116. Moreno-Casasola P. 2004. A case study of conservation and management of tropical sand dune systems. En: M. L. Martínez y N. P. Psuty (Eds.). Coastal dunes. Ecology and conservation. Ecological studies 171. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp.319-333.

117. Moreno-Casasola P. y Vázquez G. 1999. The relationship between vegetation dynamics and water table in tropical dune slacks. Journal of Vegetation Science, 10(4): 515-524.

118. Moreno-Casasola P. e I. Espejel. 1986. Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. Vegetatio, 66: 147-182.

119. Musila W.M., Kinyamario J.I. y P.D. Jungerius. 2001. Vegetation dynamics of coastal sand dunes near Malindi, Kenya. African Journal of Ecology 39:170-177.

120. Oberndorfer EC. y J.T. Lundholm 2009. Species richness, abundance, rarity and environmental gradients in coastal barren vegetation. Biodiversity Conservation. 18:1523–1553.

121. Otto R., Fernández Palacios J. M. y B. O. Krüsi. 2001. Variation in species composition and vegetation structure of succulent scrub on Tenerife in relation to environmental variation. Journal of Vegetation Science 12: 237-248.

122. Peet R.K. 1974. The measurement of species Diversity. Annual Reviews. Ecol. Syst. 5:258:307

123. Pfadenhauer J. 1993. Dry coastal ecosystems of temperate atlantic south america. In: Van der Maarel, E. (Ed.), Dry Coastal Ecoystems, Part B. Ecosystems of the World, 2B. Elsevier, Ámsterdam, p.495-500.

124. Pielou E.C. 1966. The measurement of Diversity indifferent types of biological collections. Journal of Theorethical Biology, 13:131-44. [citado en: Peet 1974]

125. Quattrocchio M.E, Deschamps C.E., Zavala C.E, Grill S.C y A.M. Borromei. 2009. Geology of the area of Bahía Blanca, Darwin's view and the present knowledge: a story of 10 million years. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 64 (1): 137-146

126. Research Systems, Inc. 2002. ENVI Version 3.6. The Environment for Visualizing Images. 4990 Pearl East Circle. Boulder, USA. Http://www.RSInc.com/envi.

127. Richling A. y J. Solon. 1996. Ekologia Krajobrazu [Landscape ecology], 2nd Ed. Warszawa:PWN. [Citado en: Solon 2005].

128. Roig F.X., Rodríguez-Perea A. y J.A. Martín. 2006. Análisis crítico de las medidas de valoración de la calidad turística y ambiental de los sistemas litorales arenosos. Territoris. 6: 27-44.

129. Rowe J.S. 1962. Soil, site and land classification. Forestry Chron. 38: 420-432. [Citado en: Bailey 1984]

130. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1939. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires. INTA. Argentina.

131. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Fundación Patagonia Natural y Fundación Vida Silvestre Argentina. 2007. Efectividad del manejo de las áreas protegidas marino-costeras de la Argentina. 1 Ed. Vida Silvestre Argentina. Buenos Aires, 104p.

132. Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires. 2008. Departamento de Áreas Protegidas, Ministerio de Asuntos Agrarios, Provincia de Buenos Aires. Comunicación personal.

133. Servicio de Guardaparques de la Provincia de Buenos Aires. 2010. Departamento de Áreas Protegidas, Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible. Comunicación personal.

134. Solon, Jerzy. 2005. Incorporating geographical (biophysical) principles in studies of landscape systems. En: *Issues and Perspectives in Lanscape Ecology.* Wiens J.A. y M.R. Moss (Eds). Cambridge University Press. Cambridge, UK. Pp.: 11-20.

135. Soulé M.E. y J. Terborgh. 1999. The policy and science of regional conservation. En: *Continental conservation. Scientific foundations of regional reserve networks.* Soulé M.E. y J. Terborgh (Eds.). Island Press, Washington. Pp: 1-17.

136. Stephenson G. 1999. Vehicle impacts on the biota of sandy beaches and coastal dunes: a review from a New Zealand perspective. Science for conservation 121. Department of Conservation, Wellington, New Zealand. 48p.

137. ter Braak C.J.F. 1987. Ordination. En: Jongman R.H.G., C.J.E ter Braak and O.ER. van Tongeren (eds.), Data analysis in community and landscape ecology, Pudoc, Wageningen (reprinted by Cambridge University Press, Cambridge, 1995), pp. 91-173.

138. Turner M.G. 1989. Landscape Eclogy: The Effect of Pattern on Process 1 Annual Review Ecological System. 20:171-97.

139. Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E. y M. Steininger. 2003. Remote sensing for biodiversity science and conservation. Review. TRENDS in Ecology and Evolution. 18(6): 306-314.

140. Urquiza D. 2010. Impacto ambiental de las forestaciones exóticas en campos de dunas. Tesis de grado. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Católica de Salta. Argentina.102p.

141. Van der Maarel E. 1993. Geographical and ecological types of dry coastal ecosystems. En: Dry coastal ecosystems. Part 2A: Ecosystems of the World. Van der Maarel, E. (Ed). Elsevier Amsterdam.

142. Van der Maarel E. 2005. Vegetation ecology - an overview. En: Vegetation ecology. E. van der Maarel (Ed.). Blackwell, Oxford, United Kingdom. Pp:1-51.

143. Van der Maarel E. 2007. Transformation of cover-abundance values for appropriate numerical treatment – Alternatives to the proposals by Podani. Forum. Journal of Vegetation Science 18: 767-770.

144. Vervoorst F. B. 1967. Las comunidades vegetales de la depresión del Salado. La vegetación de la República Argentina. Serie Fitogeográfica Nº 7. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires

145. Villanova I., Prieto A. R. y S. Stutz. 2006. Historia de la vegetación en relación con la evolución geomorfológica de las llanuras costeras del este de la provincia de Buenos Aires durante el Holoceno. Ameghiniana. 43 (1) artículo *on line*.

146. Violante R. A., Parker G y J. L. Cavallotto. 2001. Evolución de las llanuras costeras del este bonaerense entre bahía Samborombón y la laguna Mar Chiquita durante el Holoceno. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 56(1): 51-66.

147. Von Humboldt A y A. Bonpland. 1807. Ideen zu einer Geographie der Pflanzen nebst einen Naturgemälde der Tropenländer. Tübingen [Ideas para una geografía de las plantas, junto con un cuadro de los países tropicales naturales; citado en Turner 1989]

148. Wiedemann A. M., and A. J. Pickart. 2004. Temperate Zone Coastal Dunes. In: M. L. Martínez and N. P. Psuty (Eds.). Coastal Dunes. Ecology and Conservation. Ecological Studies 171, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, pp 53-65.

149. Yura H. y A. Ogura. 2006. Sandblasting as a factor controlling the distribution of plants in a coastal dune system. Plant Ecology (185): 199-208.

150. Zalba S. y A.J. Nebbia. 1999. *Neosparton darwinii* (Verbenaceae), a restricted endemic species. Is it also endangered? Biodiversity and Conservation 8:1585–1593.

151. Zuloaga F.O., Nicora E.G., Rúgolo Z.E., Morrone O., Pensiero J. y A.M. Cialdella. 1994. Catálogo de la Familia Poaceae en la República Argentina. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 47:1-178.

152. Zuloaga F.O. y O. Morrone (eds.). 1996. Catálogo de las Plantas Vasculares de la República Argentina. I. Pteridophyta, Gymnospermae y Angiospermae (Monocotyledoneae). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 60:1-332.

153. Zuloaga F.O. y O. Morrone (eds.). 1999. Catálogo de las Plantas Vasculares de la Argentina. Dicotyledoneae. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 74: 1-1246

ANEXO

Tabla A1: Lista de especies vegetales halladas en los relevamientos de parcelas. Se indican las abreviaturas utilizadas en el texto y el nombre completo de la especie o en su defecto el máximo nivel al que pudo ser determinada. Se siguió la nomenclatura propuesta por el instituto de botánica Darwinion tanto para la taxonomía como para el estatus y hábito (Zuloaga et al. 1994, Zuloaga y Morrone 1996, 1999). Estatus: N: nativa; Nen: nativa endémica; Nat: naturalizada A: adventicia; s/d: sin dato. Hábito: H: herbácea; SA: subarbusto; A: arbusto; Al: árbol; L: liana; -an: -anual; -bian: -bianual; -per:-perenne; -(aq): -acuática; -P: -parásita.

Abreviatura	Nombre científico	Estatus	Hábito	Familia	BMO	BMA
Ach sat	*Achyrocline satureioides*	N	SA	Asteraceae	X	X
Ade fil	*Adesmia filipes*	Nen	Han	Fabaceae		X
Ade inc	*Adesmia incana*	Nen	Hper	Fabaceae	X	X
Aga com	*Agalinis communis*	N	SA-P	Orobanchaceae	X	X
Aga gen	*Agalinis genistifolia*	N	SA-P	Orobanchaceae		X
Agr plat	*Agrostis platenses*	Nen	Hper	Poaceae		X
Air car	*Aira caryophyllea*	A	Han	Poaceae		X
Amb ten	*Ambrosia tenuifolia*	N	Hper	Asteraceae	X	X
Ana arv	*Anagalis arvensis*	A	Han	Primulaceae	X	
And tri	*Androtrichum trigynum*	N	Hper	Cyperaceae	X	
Ari spe	*Aristida spegazzini*	N	Hper	Poaceae		X
Ast1	Asteracea 1	s/d	H	Asteraceae	X	
Ast2	Asteracea 2	s/d	H	Asteraceae	X	
Ast I	Asteracea Inuleae	s/d	H	Asteraceae	X	
Ast3	Asteraceae 3	s/d	H	Asteraceae	X	
Ast4	Asteraceae 4	s/d	H	Asteraceae		X
Bac div	*Baccharis divaricada*	Nen	A	Asteraceae		X
Bac gen	*Baccharis genistifolia*	N	SA	Asteraceae	X	X
Bac jun	*Baccharis juncea*	N	Hper	Asteraceae	X	X
Bac not	*Baccharis notosergila*	N	A	Asteraceae		X
Bac pin	*Baccharis pingraea*	N	Hper	Asteraceae		X

Bac sal	*Baccharis salicifolia*	N	A	Asteraceae		X
Bac sp	*Baccharis sp.*	s/d	SA	Asteraceae	X	
Ber gna	*Berroa gnaphalioides*	N	Hper	Asteraceae		X
Bla per	*Blackstonia perfoliata*	A	Han	Gentianaceae	X	X
Bpa mon	*Bacopa monnieri*	N	Han	Plantaginaceae		X
Bro sp	*Bromus sp.*	?	H	Poaceae		X
Cak mar	*Cakile maritima*	A	Han	Brassicaceae	X	
Cal cra	*Calycera crassifolia*	Nen	Hper	Calyceraceae	X	X
Cal sol	*Calystegia soldanella*	N	Hper	Convolvulaceae	X	
Car aca	*Carduus acanthoides*	Nat	Han	Asteraceae	X	
Car vix	*Carex vixdentata*	Nen	Hper	Cyperaceae		X
Car edu	*Carpobrotus edulis*	A	Han	Aizoaceae	X	
Cen inc	*Cenchrus incertus*	N	Han	Poaceae		X
Cen pul	*Centaurium pulchellum*	A	Han	Gentianaceae	X	X
Che mac	*Chenopodium macrospermum*	N	Han	Chenopodiaceae		X
Cir vul	*Cirsium vulgare*	Nat	Han	Asteraceae	X	
Cle mon	*Clematis montevidiensis*	N	L	Ranunculaceae		X
Con bon	*Conyza bonariensis*	N	Han	Asteraceae		X
Con pri	*Conyza primulifolia*	N	Hbian	Asteraceae	X	X
Cor sel	*Cortaderia selloana*	N	Hper	Poaceae	X	x
Crucif	Crucifera (Brasicaceae)	s/d	H	Brassicaceae	X	
Cyp lae	*Cyperus laevigatus*	s/d	H	Cyperaceae		X
Cyp ref	*Cyperus reflexus*	N	Hper	Cyperaceae		X
Dau pus	*Daucus pusillus*	N	Han	Apiaceae	X	
Dis ame	*Discaria americana*	Nen	A	Rhamnaceae		X
Dist spp	*Distichlis spp.*	s/d	H	Poaceae	X	X
Ele ele	*Eleocharis elegans*	N	Hper (aq)	Cyperaceae		X
Ele mac	*Eleocharis macrostachya*	N	Hper	Cyperaceae	X	X
Eph ocr	*Ephedra ocreata*	Nen	A	Ephedraceae		X
Equ gig	*Equisetum giganteum*	N	Hper	Equisetaceae	X	

Era air	*Eragrostis aff tiroides*	s/d	H	Poaceae		X
Ery ekm	*Eryngium ekmanii (?)*	Nen (?)	Han	Apiaceae	X	
Eri pan	*Eryngium paniculatum*	N	Hper	Apiaceae	X	
Eri sp	*Eryngium* sp.	s/d	H	Apiaceae	X	
Euc sp	*Eucalyptus sp.*	A	Al	Myrtaceae		X
Gam am	*Gamochaeta americana*	N	Hper	Asteraceae	X	
Gam coa	*Gamochaeta coarctata*	N	Hper	Asteraceae		X
Gam fil	*Gamochaeta filaginea*	Nen	Hper	Asteraceae	X	
Gam sim	*Gamochaeta simplicicaulis*	N	Han	Asteraceae		X
Gam sp	*Gamochaeta sp.*	s/d	H	Asteraceae	X	
Gly ast	*Glycyrrhiza astragalina*	Nen	SA	Fabaceae		X
Gna leu	*Gnaphalium leucopleplum*	N	Hper	Asteraceae	X	X
Hay arg	*Hyalis argentea*	N	SA	Asteraceae		X
Hyd bon	*Hydrocotyle bonariensis*	N	Hper	Apiaceae	X	X
Hyp cho	*Hypochaeris chondrilloides*	N	Hper	Asteraceae	X	X
Hyp gla	*Hypochaeris glabra*	A	Han	Asteraceae		X
Imp bra	*Imperata brasiliensis*	N	Hper	Poaceae	X	X
Jun acu	*Juncus acutus*	N	Hper	Juncaceae	X	X
Jun cap	*Juncus aff. Capillaceus*	N (?)	Hper (?)	Juncaceae		X
Jun dic	*Juncus dichotomus*	N	Hper	Juncaceae		X
Jun micra	*Juncus micranthus*	N	Hper	Juncaceae		X
Jun micro	*Juncus macrocephalus*	N	Hper	Juncaceae		X
Jun ten	*Junucus tenuis*	N	Hper	Juncaceae		X
Lep bon	*Lepidium bonariense*	N	Han	Brassicaceae	X	
Mar pin	*Margyricarpus pinnatus*	N	SA	Rosaceae	X	X
Mca sp	*Melica sp.*	s/d	H	Poaceae		x
Med lup	*Medicago lupulina*	A	Han	Fabaceae		X
Mel alb	*Melilotus Albus*	A	SA-bian	Fabaceae	X	X
Mel ind	*Melilotus indicus*	A	Han	Fabaceae	X	X
Neo eph	*Neosparton ephedroides*	Nen	A	Verbenaceae		X

Not dec	*Noticastrum decumbens*	Nen	Hper	Asteraceae	X	
Not dif	*Noticastrum diffusum*	Nen	Hper	Asteraceae		X
Not mar	*Noticastrum marginatum*	N	Hper	Asteraceae		X
Not ser	*Noticastrum sericeum*	Nen	Hper	Asteraceae		X
Oen mol	*Oenothera mollissima*	N	Han	Onagraceae	X	X
Oxy sol	*Oxypetalum solanoides*	N	Hper	Apocynaceae	X	
Pan rac	*Panicum racemosum*	N	Hper	Poaceae	X	
Pan urv	*Panicum urvilleanum*	N	Hper	Poaceae		X
Pas vag	*Paspalum vaginatum*	N	Hper	Poaceae		X
Phy can	*Phyla canescens*	N	Hper	Verbenaceae		X
Pin sp	*Pinus sp.*	A	Al	Pinaceae		X
Pla lan	*Plantago lanceolada*	A	Hper	Plantaginaceae		X
Pla maj	*Plantago major*	A	Hper	Plantaginaceae	X	
Pla pat	*Plantago patagonica*	N	Han	Plantaginaceae		X
Plu sag	*Pluchea sagittalis*	N	Hper	Asteraceae		X
Poa lan	*Poa lanuginosa*	N	Hper	Poaceae	X	X
PoacX	Poaceae indeterminada1 (*Poa lanuginosa* o *Panicum urvilleanum*)	s/d	H	Poaceae		X
Poac1	Poaceae indeterminada 2	s/d	H	Poaceae		x
PoacX2	Poaceae indeterminada 3 (*Poa lanuginosa* o *Panicum urvilleanum*)	s/d	H	Poaceae	X	
Poac2	Poaceae indeterminada 4	s/d	H	Poaceae	X	
Pol cyp	*Polygala cyparissias*	N	Hper	Polygalaceae	X	
Pol imb	*Polypogon imberbes*	N	Hper	Poaceae	X	X
Pol mon	*Polypogon monspeliensis*	A	Han	Poaceae	X	
Rum sp	*Rumex sp.*	s/d	H	Polygonaceae	X	
Sal kal	*Salsola kali*	A	Han	Chenopodiaceae		X
Sar per	*Sarcocornia perennis*	A (?)	SA	Chenopodiaceae		X
Sch ame	*Schoenoplectus americanus*	N	Hper	Cyperaceae	x	X
Sch cal	*Schoenoplectus californicus*	N	Hper (aq)	Cyperaceae		X

Sch joh	*Schinus johnstonii*	Nen	A	Anacardiaceae		X
Sch spi	*Schizachyrium spicatum*	N	Hper	Poaceae		X
Sen ber	*Senecio bergii*	Nen	SA	Asteraceae		X
Sen cra	*Senecio crassiflorus*	N	Hper	Asteraceae	X	
Sen fil	*Senecio filaginoides*	Nen	A	Asteraceae		X
Sen mad	*Senecio madagascariensis*	A	Hper	Asteraceae	X	X
Sen pin	*Senecio pinnatus var. Pinnatus*	Nen	SA	Asteraceae		X
Sen sub	*Senecio subulatus var. Erectus*	Nen	A	Asteraceae		X
Sil ant	*Silene antirrhyna*	A	Han	Caryophyllaceae		X
Sol chi	*Solidago chilensis*	N	Hper	Asteraceae	X	X
Spa cil	*Spartina ciliata*	N	Hper	Poaceae	X	X
Spa den	*Spartina densiflora*	N	Hper	Poaceae		X
Spe ram	*Spergula ramosa ssp. Ramosa*	N	Hper	Caryophyllaceae		X
Spo ind	*Sporobolus indicus*	N	Hper	Poaceae		X
Spo rig	*Sporobolus rigens*	N	Hper	Poaceae		X
Ste sat	*Stevia satureiifolia*	Nen	SA	Asteraceae		X
Sym squ	*Symphyotrichum squamatum*	N	Hper	Asteraceae		X
Tam ram	*Tamarix ramosissima*	A	A	Tamaricaceae	X	X
Tes abs	*Tessaria absinthioides*	N	A	Asteraceae	X	X
Tri str	*Trigolchin striata*	N	Hper	Juncaginaceae		X
Typ sp	*Typha sp.*	s/d	H	Typhaceae	X	X
Vul muy	*Vulpia myuros*	A	Han	Poaceae	X	
Xan cav	*Xanthium cavanillesii*	A	Han	Asteraceae		X

Tabla A2: Especies indicadoras de región. Se indican únicamente las que resultaron significativas según el test de Monte Carlo.

Especie	**Valor p**
Car aca	0,0334
Dau pus	0,037
Eri pan	0,0378
Gam am	0,0396
Cir vul	0,0108
Not dec	0,0124
Equ gig	**0,0006**
Con pri	0,015
Gam sp	**0,0002**
Ast2	**0,0002**
Gly ast	0,0466
Sym squ	0,036

Bac pin	0,0202
Mel ind	0,0028
Dist spp	0,013
Pol cyp	**0,0002**
Sch spi	0,0054
Cak mar	**0,0002**
Era air	0,0026
Bac div	0,002
Ari spe	0,0016
Bac gen	0,001
Jun ten	0,0012
Sch ame	0,0102
Bac jun	0,0032

Hay arg	**0,0008**
And tri	**0,0002**
Sen cra	**0,0002**
Spo rig	**0,0004**
Sen ber	**0,0008**
Jun acu	**0,0004**
Pan rac	**0,0002**
Pan urv	**0,0002**
Amb ten	0,0196
Tes abs	**0,0002**

Tabla A3: Especies indicadoras de sitio. Se indican únicamente las que resultaron significativas según el test de Monte Carlo.

Especie	Valor p
Eri sp	0,0042
Lep bon	0,0026
Oxy sol	0,0052
Pol mon	0,0088
Tam ram	0,0322
Bla per	0,0204
Bro sp	0,0296
Car aca	**0,0004**
Dau pus	**0,0006**
Eri pan	0,0114
Jun micr	0,0222
Not mar	0,018
Cir vul	0,0264
Not dec	0,0418
Ade fil	0,0024
Jun dic	0,0026
Agr plat	0,0396
Air car	0,004
Equ gig	**0,0002**
Med lup	0,034
Sen sub	**0,0006**

Con pri	**0,0004**
Not ser	0,0322
Ast4	0,0298
Gam sp	0,0012
Sch joh	0,0194
Ast2	**0,0006**
Gly ast	**0,0004**
Sym squ	0,0182
Bac pin	0,0096
Mel ind	0,0388
Ade inc	0,0104
Dist spp	0,0064
Pol cyp	**0,0002**
Cen pul	0,0032
Sch spi	0,0016
Cak mar	0,0114
Era air	0,0018
Ari spe	0,0378
Bac gen	**0,0002**
Jun ten	0,0014
Mar pin	0,0236
Sch ame	0,005

Bac jun	**0,0004**
Hay arg	**0,0002**
And tri	**0,0002**
Sen cra	**0,0002**
Mel alb	**0,0006**
Spa cil	0,0388
Jun acu	**0,0002**
Pan rac	**0,0004**
Pan urv	**0,0002**
Cor sel	0,0236
Poa lanu	0,0378
Hyd bon	0,0388

Tabla A4: Especies indicadoras de tipo de geoforma. Se indican únicamente las que resultaron significativas según el test de Monte Carlo.

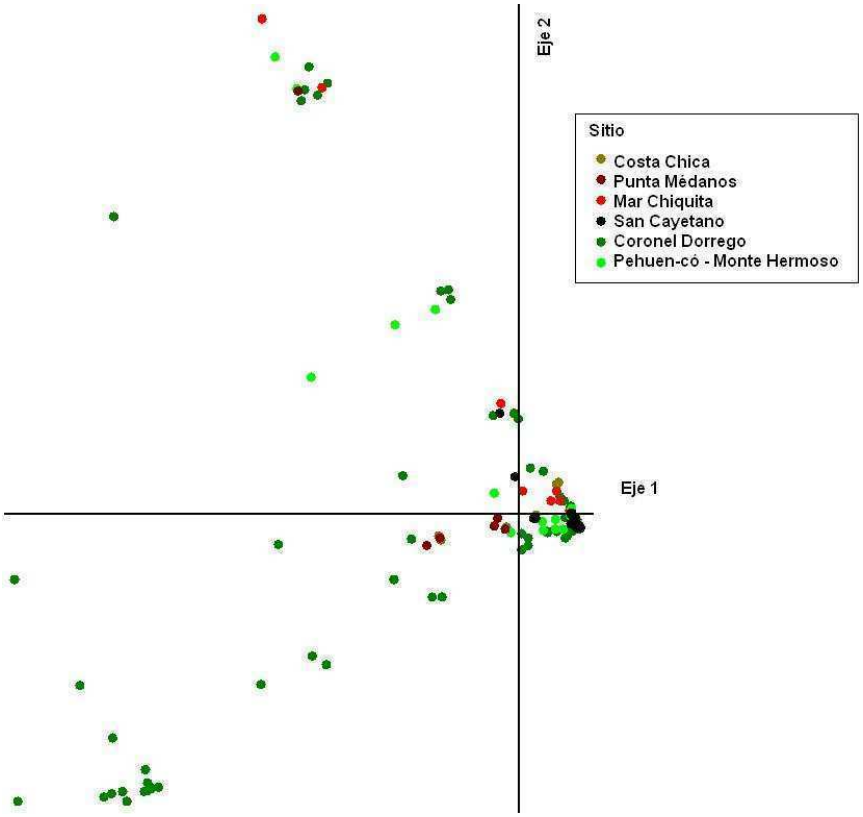
Especie	**Valor p**
Not dif	0,0296
Plu sag	0,025
Ber gna	0,002
Cyp ref	0,002
Spe ram	0,002
Bac not	0,0498
Sar per	0,0048
Sal kal	0,0076
Aga com	0,0374
Agr plat	0,0404
Con bon	0,0072
Gna leu	0,0054
Not ser	**0,0008**
Pol imb	0,0394

Sch joh	0,0254
Dist spp	**0,0004**
Sen mad	0,0162
Cen pul	0,013
Sch spi	0,0072
Typ sp	0,0118
Bac div	0,0054
Ari spe	0,0104
Ele mac	0,008
Bac gen	0,0184
Jun ten	**0,0006**
Mar pin	0,0108
Hay arg	0,0194
And tri	0,0354
Mel alb	0,0134

Sen ber	0,0166
Spa cil	**0,0002**
Jun acu	**0,0008**
Pan rac	0,0298
Amb ten	0,0012
Ach sat	0,0318
Oen mol	0,032
Cor sel	0,007
Sol chi	0,0078
Poa lanu	0,002
Hyd bon	0,0112

Figura A5: Distribución de las parcelas (*samples scores*) en el análisis PCA. A) se presenta el gráfico de los ejes 2 (vertical) vs. 1 (horizontal); B) los ejes 3 (vertical) vs. 1 (horizontal). Se indican los sitios relevados.

A)



B)

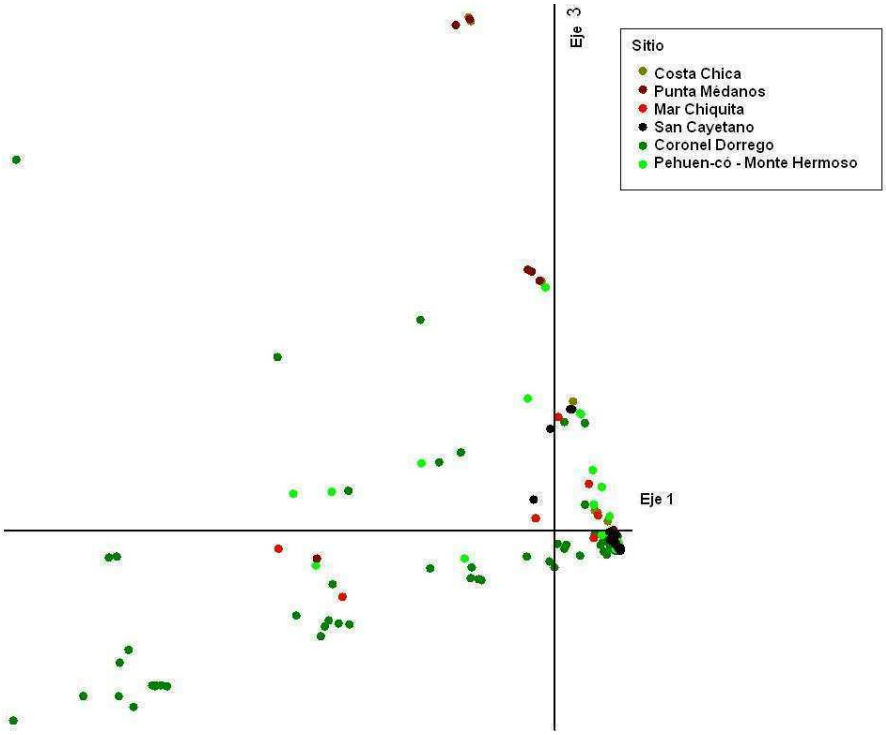
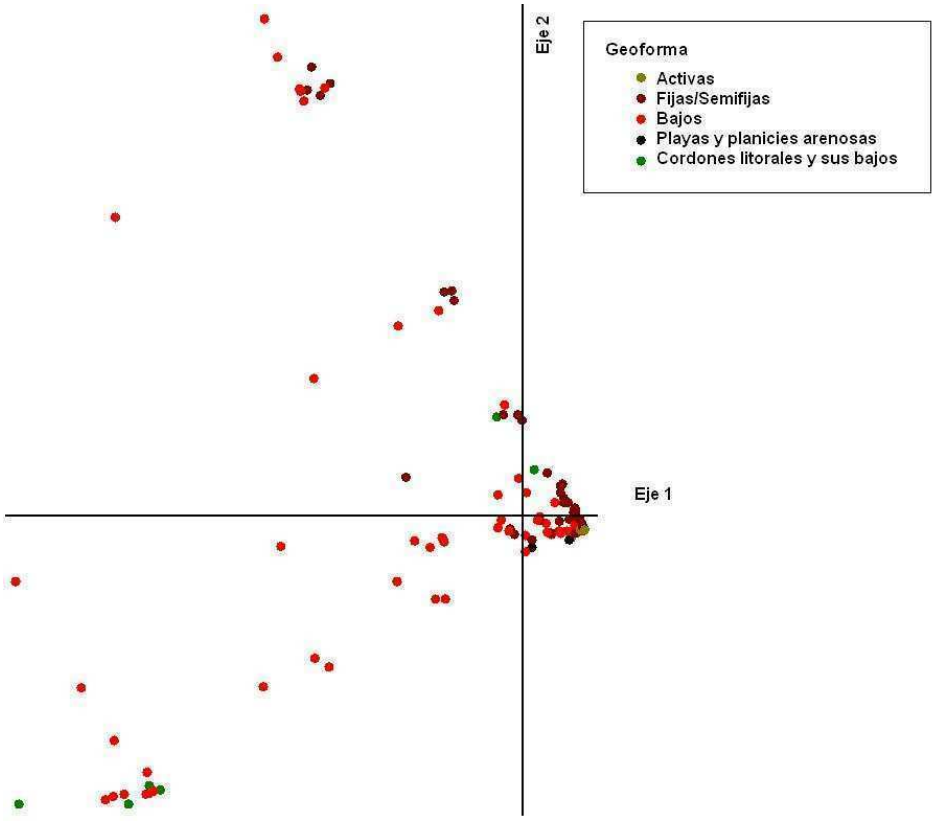
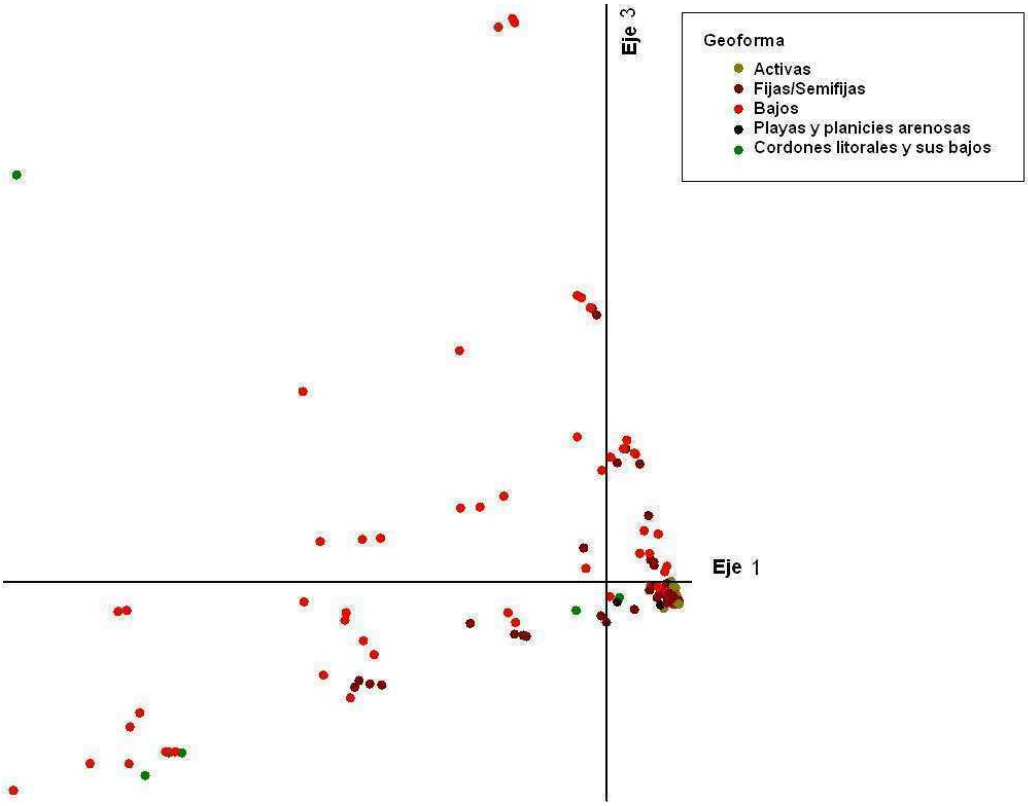


Figura A6: Distribución de las parcelas (*samples scores*) en el análisis PCA. A) ejes 2 vs. 1; B) ejes 3 vs. 1. Se indican las geoformas.

A)



B)